



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-
BETON DENGAN *BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)***

AZIIZ DWI WICAKSONO
NRP. 3113 100 007

Dosen Pembimbing
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-
BETON DENGAN *BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)***

AZIIZ DWI WICAKSONO
NRP. 3113 100 007

Dosen Pembimbing
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**DESIGN MODIFICATION OF RSUD KOJA JAKARTA
USING COMPOSITE STEEL – CONCRETE
STRUCTURE WITH BASE ISOLATOR : HIGH
DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)**

AZIIZ DWI WICAKSONO
NRP. 3113 100 007

Supervisor
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SAKIT
UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN *BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER
BEARING (HDRB)***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AZIIZ DWI WICAKSONO

NRP. 3113 100 007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Endah Wahyuni, ST., M.Sc, Ph.D.....
Pembimbing I



**SURABAYA
JULI, 2017**

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Nama Mahasiswa : Aziiz Dwi Wicaksono
NRP : 3113 100 007
Departemen : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D.

Abstrak

Struktur komposit baja-beton saat ini telah banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sipil. Hal ini dikarenakan struktur komposit baja-beton memiliki keunggulan dibanding dengan struktur beton bertulang biasa, diantaranya yaitu, penghematan berat baja, mengurangi penampang balok baja, meningkatkan kekuatan pelat lantai, meningkatkan kapasitas pemikul beban, menambah bentang pada bentang tertentu. Penggunaan teknologi Base Isolator sebagai peredam gempa juga dinilai sangat penting bagi konstruksi bangunan gedung karena mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur.

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta pada kondisi sebenarnya dibangun menggunakan struktur beton bertulang biasa dan memiliki 16 lantai. Dalam Tugas Akhir ini, gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan struktur komposit baja-beton dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB) yang pembebanannya mengacu SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan struktur sekunder, struktur primer, base isolator, sambungan, dan pondasi.

Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap 9 cm, pelat lantai 9cm, dimensi balok anak terbesar WF400x200x8x13, dimensi balok induk 500x200x11x19, dimensi

kolom terbesar K700x300x13x24 terselubung beton 850x850, base isolator HDRB dengan diameter rubber 750 mm, pondasi menggunakan tiang pancang spun pile diameter 60 cm dengan kedalaman 26 meter. Perhitungan tersebut memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1729:2015, SNI 03-1729-2002, dan SNI 2847:2013.

Kata kunci: Struktur Komposit Baja-Beton, Rumah Sakit, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing

DESIGN MODIFICATION OF RSUD KOJA JAKARTA USING COMPOSITE STEEL-CONCRETE STRUCTURE WITH BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Student Name : Aziiz Dwi Wicaksono
Student Number : 3113 100 007
Department : Civil Engineering FTSP ITS
Supervisor : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D.

Abstract

Composite steel-concrete structure is now widely used in civil construction. This is because the composite structure has many advantages than reinforced concrete structure such as, saving the weight of steel, more efficient of beam cross section, floor stiffness increases, increase the nominal capacity of load. The use of base isolator technology as seismic damper assessed is very important for the construction of buildings, because it can decrease the seismic load that accepted by the structure.

RSUD Koja Jakarta was a 16th level floor bulding with reinforced concrete structure. In this final project, the bulding will be modified using composite steel-concrete structure with Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB) which its load based on SNI 1727:2013 and PPIUG 1983. The design that will discussed are secondary structure, primary structure, base isolator, connection, and the foundation.

From analyzing and calculating, the output from this final project obtained are 9 cm thick plate of roof, 9 cm thick plate of floor, WF400x200x8x13 as the biggest dimension of secondary beams, WF500x200x11x19 as the dimension of main beams, the biggest column using K700x300x13x24 encased 850x850 concrete section, base isolator HDRB using 750 mm diameter of rubber, The foundation using spun pile with 60 cm diameter and 26 meter depth that start from the surface. That calculations based on SNI

1726:2012, SNI 1729:2015, SNI 03-1729-2002, and SNI 2847:2013 which are qualified as a structure security requirement.

Keywords : Composites Steel-Concrete Structure, Hospital, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkah dan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sipil FTSP ITS.

Dalam penyelesaiannya, penulis tentu banyak mendapatkan kesulitan. Namun dengan bantuan banyak pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Endah Wahyuni ST., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar, memotivasi serta memberi informasi tentang pascasarjana.
3. Teman-teman Teknik Sipil ITS angkatan 2013 yang selalu memberi semangat dan menghibur ketika semangat sedang turun dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen pengajar, staff, dan karyawan Departemen Teknik Sipil FTSP ITS. Semua pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Tugas Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat, tak hanya bagi penulis tetapi juga bagi para pembaca. Dengan senang hati, penulis akan menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga kritik dan saran dapat menjadi bekal dan pertimbangan dalam pembuatan Tugas Akhir selanjutnya menjadi lebih baik.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Struktur Komposit	5
2.3 Balok Komposit.....	7
2.4 Kolom Komposit	8
2.5 Penghubung Geser.....	9
2.6 Base Isolator Elastomeric Rubber Bearing	10
2.6.1 High damping rubber bearing (HDRB)	12
2.6.2 Lead rubber bearing (LRB).....	12
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	15
3.2 Data Perencanaan	16
3.3 Studi Literatur.....	16
3.4 Penentuan Kriteria Desain	17
3.5 Preliminary Design	17
3.6 Perencanaan Struktur Sekunder	21
3.7 Analisa Struktur Utama	25
3.7.1 Pemodelan struktur utama.....	25
3.7.2 Perencanaan struktur utama	25

3.8	Perencanaan Base Isolator	30
3.9	Perencanaan Sambungan	31
3.10	Perencanaan Pondasi	33
3.10.1	Perencanaan pondasi tiang pancang	33
3.10.2	Perencanaan pile cap	35
3.11	Penggambaran Hasil Perencanaan	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1.	Struktur Sekunder	37
4.1.1.	Perencanaan pelat	37
4.1.2.	Perencanaan balok anak	40
4.1.3.	Perencanaan balok lift	49
4.1.4.	Perencanaan tangga	54
4.1.5.	Perencanaan ramp	76
4.2.	Pemodelan dan Analisa Struktur Utama	94
4.2.1.	Pemodelan struktur	94
4.2.2.	Pembebanan struktur utama	94
4.2.3.	Berat total bangunan	96
4.2.4.	Kombinasi pembebanan	97
4.2.5.	Pembebanan gempa dinamis	97
4.2.6.	Pemodelan pelat sebagai diafragma	98
4.2.7.	Analisa struktur fixed base	99
4.2.8.	Sistem struktur isolasi	108
4.2.9.	Perhitungan dimensi high damping rubber bearing (HDRB)	109
4.2.10.	Analisis struktur isolasi	111
4.2.11.	Pemodelan struktur isolasi	114
4.2.12.	Perencanaan struktur utama	119
4.3.	Perencanaan Sambungan	144
4.3.1.	Sambungan balok anak dengan balok induk	144
4.3.2.	Sambungan balok induk dengan kolom	151
4.3.3.	Sambungan antar kolom	159
4.3.4.	Sambungan balok induk dengan pedestal	179
4.3.5.	Sambungan base plate	184
4.4.	Perencanaan Pondasi	188
4.4.1.	Perencanaan pondasi dalam	188

4.4.2. Perencanaan pedestal	200
4.4.3. Perencanaan balok sloof.....	203
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	209
5.1 Kesimpulan.....	209
5.2 Saran.....	210
DAFTAR PUSTAKA	211
LAMPIRAN	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Balok Komposit Terbungkus Beton, (b) Balok Komposit dengan Steel Deck, (c) Kolom Komposit WF Terbungkus Beton, (d) Kolom Komposit Circular Hollow Sections Terisi Beton, (e) Kolom Komposit Hollow Structural Tubings Terisi Beton.....	6
Gambar 2.2 Balok Komposit dengan Dek	7
Gambar 2.3 Profil Baja King Cross	9
Gambar 2.4 Tipe-Tipe Shear Connector	10
Gambar 2.5 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan Base Isolator dan fixed base.....	11
Gambar 2.6 High Damping Rubber Bearing	12
Gambar 2.7 Lead Rubber Bearing	13
 Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	 15
Gambar 3.2 Spektrum Respons Percepatan di Indonesia (S_s)	19
Gambar 3.3 Spektrum Respons Percepatan di Indonesia (S_1).....	20
Gambar 3.4 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang Grup	36
 Gambar 4.1 Pelat Atap yang Direncanakan	 37
Gambar 4.2 Pelat Lantai yang Direncanakan	39
Gambar 4.3 Balok Anak Atap yang Direncanakan	41
Gambar 4.4 Balok Anak Lantai yang Direncanakan	45
Gambar 4.5 Spesifikasi Lift.....	49
Gambar 4.6 Balok Penggantung Lift yang Direncanakan.....	50
Gambar 4.7 Pembebanan Balok Penggantung Lift	51
Gambar 4.8 (a) Denah Tangga, (b) Model Tangga	54
Gambar 4.9 Pelat Anak Tangga.....	55
Gambar 4.10 Penyangga Pelat Injak.....	56
Gambar 4.11 Pembebanan pada Pelat Penyangga	57
Gambar 4.12 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes	59
Gambar 4.13 Balok Bordes Tangga A.....	60
Gambar 4.14 Balok Bordes Tangga B	64
Gambar 4.15 Pembebanan pada Balok Utama Tangga.....	68

Gambar 4.16 Bidang Momen	70
Gambar 4.17 Bidang Geser	71
Gambar 4.18 Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga	74
Gambar 4.19 Denah Ramp	77
Gambar 4.20 Model Ramp	77
Gambar 4.21 Balok Bordes Ramp A	78
Gambar 4.22 Balok Bordes Ramp B	82
Gambar 4.23 Pembebanan pada Balok Utama Ramp	86
Gambar 4.24 Bidang Momen	88
Gambar 4.25 Bidang Geser	88
Gambar 4.26 Pembebanan pada Balok Penumpu Ramp	91
Gambar 4.27 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Jakarta	97
Gambar 4.28 Kolom As B-4 sebagai Elemen yang ditinjau	99
Gambar 4.29 Layout Pemasangan HDRB	109
Gambar 4.30 Balok Induk Memanjang yang Ditinjau	120
Gambar 4.31 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang	124
Gambar 4.32 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang	125
Gambar 4.33 Balok Induk Melintang yang Ditinjau	130
Gambar 4.34 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang	133
Gambar 4.35 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang	135
Gambar 4.36 Penampang Kolom Komposit K1	140
Gambar 4.37 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	144
Gambar 4.38 Detail Pelat Siku 60x60x6	146
Gambar 4.39 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk	148
Gambar 4.40 Detail Pelat Siku 60x60x6	150
Gambar 4.41 Detail Pelat Siku 100x100x10	153
Gambar 4.42 Detail profil T	157
Gambar 4.43 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K1	158

Gambar 4.44 Sambungan Antar Kolom K1	165
Gambar 4.45 Sambungan Antar Kolom K1 – K2.....	178
Gambar 4.46 Sambungan Las Extended End Plate.....	180
Gambar 4.47 Sambungan Balok Induk dengan Beton	183
Gambar 4.48 Sambungan Las Base Plate	184
Gambar 4.49 Sambungan Base Plate.....	188
Gambar 4.50 Denah Rencana Pondasi.....	189
Gambar 4.51 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilecap Tipe 1.	192
Gambar 4.52 Penampang Kritis Pilecap Akibat Pedestal	194
Gambar 4.53 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang.....	196
Gambar 4.54 Perhitungan Momen Sebagai Kantilever.....	196
Gambar 4.55 Daerah Tulangan Lentur Sisi Pendek.....	198
Gambar 4.56 Pembebanan Momen Sebagai Kantilever.....	198
Gambar 4.57 Hasil Analisis Pedestal dengan Software Spcolumn	201
Gambar 4.58 Kolom Pedestal.....	202
Gambar 4.59 Penampang Melintang Balok Sloof	207

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek	17
Tabel 3.2 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik	17
Tabel 4.1 Rekapitulasi Balok Anak Atap	44
Tabel 4.2 Rekapitulasi Balok Anak Lantai	48
Tabel 4.3 Tabel Perhitungan N Rata-Rata	96
Tabel 4.4 Parameter Respon Gempa Wilayah Jakarta untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak)	98
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Kolom As B-4	100
Tabel 4.6 Rasio Partisipasi Massa Struktur Fixed Base	101
Tabel 4.7 Frekuensi dan Periode Struktur Fixed Base	102
Tabel 4.8 Berat Total Bangunan Struktur Fixed Base	103
Tabel 4.9 Gaya Gempa Dinamis (V_t) Struktur Fixed Base	104
Tabel 4.10 Gaya Gempa Dinamis (V_t) Struktur Fixed Base Setelah Skala	105
Tabel 4.11 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X Struktur Fixed Base	106
Tabel 4.12 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Fixed Base	107
Tabel 4.13 Spesifikasi HDRB	111
Tabel 4.14 Berat Total Bangunan Struktur Isolasi	113
Tabel 4.15 Rasio Partisipasi Massa Struktur Isolasi	115
Tabel 4.16 Gaya Gempa Dinamis Struktur Isolasi	116
Tabel 4.17 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X Struktur Isolasi	118
Tabel 4.18 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Isolasi	119
Tabel 4.19 Rekapitulasi Kolom	144
Tabel 4.20 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	147

Tabel 4.21 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk.....	151
Tabel 4.22 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom	158
Tabel 4.23 Rekapitulasi Sambungan Antar Kolom Seragam	166
Tabel 4.24 Rekapitulasi Sambungan Antar Kolom Tidak Seragam	179
Tabel 4. 25 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')	190
Tabel 4.26 Rekapitulasi Perhitungan Pilecap	200

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jakarta terletak pada lempeng tektonik Eurasia. Di Selatan–Barat Daya Jakarta terdapat patahan tempat pertemuan lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia yang menghujam dan bergerak dengan kecepatan ± 60 mm per tahun. Patahan Sumatera dan patahan Jawa inilah yang merupakan sumber gempa terbesar yang dapat mempunyai dampak terhadap Jakarta (Sukamta, 2006). Klasifikasi tanah Jakarta pada umumnya dapat dikelompokkan ke dalam kelas lokasi SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak) (Yunita, 2012), dan gempa yang terjadi di Jakarta secara umum merupakan gempa kiriman dari daerah lain, misal Sumatera. Sehingga Jakarta tergolong wilayah gempa sedang. Tergolong dalam wilayah gempa sedang, bukan berarti Jakarta sudah “aman” terhadap gempa. Berdasarkan indeks penduduk terpapar (jiwa/km²) di Propinsi DKI Jakarta, gempa tergolong parameter yang tinggi. Berarti gempa yang terjadi sangat berdampak pada penduduk Propinsi DKI Jakarta, kerugian yang ditimbulkan akibat gempa pun juga tergolong tinggi dalam indeks kerugian (dalam rupiah) bencana di DKI Jakarta. Peran Jakarta sebagai Ibu Kota Negara juga perlu diperhatikan dari kemungkinan ancaman gempa sehingga dampak yang ditimbulkan tidak mengganggu aktivitas pemerintahan.

Sebagai objek studi, dipilih gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja yang berlokasi di Jakarta. Gedung ini memiliki 16 lantai dan dibangun menggunakan beton bertulang biasa. Dengan memperhatikan kemungkinan penambahan kapasitas ruang pelayanan di kemudian hari, maka diperlukan modifikasi bangunan menggunakan struktur komposit baja-beton. Struktur komposit terbukti mampu memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan struktur biasa menjadi lebih populer dalam rekayasa struktur (Rinaldi dan Ruslailang dalam Arifin,

2011). Struktur komposit baja-beton merupakan gabungan beton dengan baja profil, dimana pada beton bertulang gaya-gaya tarik dipikul oleh besi tulangan. Tapi pada komposit baja-beton ini gaya-gaya tarik langsung dipikul oleh profil baja. Dengan demikian, struktur komposit baja-beton memiliki kapasitas pemikul beban lebih besar daripada struktur beton bertulang maupun struktur baja biasa.

Gedung RSUD Koja yang berfungsi sebagai rumah sakit tergolong bangunan dengan fungsi keutamaan tinggi, sehingga perlu didesain tahan terhadap gempa. Kerusakan gempa secara konvensional dapat dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja. Namun hasil ini kurang memuaskan, karena kerusakan elemen baik struktural maupun non-struktural umumnya disebabkan adanya *interstory drift* (perbedaan simpangan antar tingkat). Salah satu cara untuk memperkecil *interstory drift* adalah dengan memperkaku bangunan dalam arah lateral. Namun, hal ini akan memperbesar gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Metode yang lebih baik adalah dengan meredam energi gempa sampai pada tingkat yang tidak membahayakan (Teruna dalam Heriandes, 2015).

Seiring dengan perkembangan teknologi, salah satu metode yang dapat meredam energi gempa adalah dengan *base isolator*. Konsep dari *base isolator* sendiri adalah berusaha “memisahkan” bangunan dari gerakan horisontal pondasi dengan memasang peralatan *isolator* diantara kolom dan pondasi. *Base isolator* mempunyai sifat yang fleksibel terhadap gaya horisontal, tapi mampu menahan berat bangunan dengan baik. Hal itu dikarenakan kombinasi antara material karet dan pelat baja yang tersusun. Dengan sifat fleksibel tersebut, saat gaya gempa menggeser pondasi, *base isolator* melakukan simpangan horisontal bolak-balik dari tanah sehingga gaya tersebut hanya sebagian kecil yang diterima ke struktur bangunan (Qoernia, 2010). Secara umum *base isolator* terdiri dari beberapa jenis, yaitu: (1) *Laminated Rubber (Elastomeric) Bearing*, (2) *Lead Rubber Bearing (LBR)*, (3) *High*

Damping Rubber Bearing (HDRB), (4) *Friction Pendulum System (FPS)* (Suardi, 2013).

Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini dilakukan modifikasi perencanaan gedung RSUD Koja menggunakan struktur komposit baja-beton dengan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing*.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah utama pada penulisan Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan gedung struktur komposit baja beton tahan gempa dengan menggunakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing*. Adapun perincian dari masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, ramp, dan lift?
2. Bagaimana merencanakan struktur primer gedung menggunakan komposit baja-beton dengan peraturan yang berlaku?
3. Bagaimana merencanakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)*?
4. Bagaimana merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur?
5. Bagaimana menjelaskan hasil akhir perencanaan modifikasi dalam bentuk gambar teknik?

1.3 Tujuan

Tujuan utama pada penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan gedung struktur komposit baja beton tahan gempa dengan menggunakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing*. Adapun perincian dari tujuan diatas adalah sebagai berikut:

1. Dapat merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, ramp, dan lift.
2. Dapat merencanakan struktur primer gedung menggunakan komposit baja-beton dengan peraturan yang berlaku.

3. Dapat merencanakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.
4. Dapat merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur.
5. Dapat menjelaskan hasil akhir perencanaan modifikasi dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Base Isolator* menggunakan tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.
2. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.
3. Tidak membuat metode pelaksanaan di lapangan, arsitektural, manajemen konstruksi, dan perhitungan analisa biaya.
4. Perencanaan tidak meliputi instalasi *mechanical electrical*, dan sanitasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi salah satu pertimbangan perencanaan bangunan tahan gempa menggunakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* oleh para kontraktor ataupun pemerintah.
2. Sebagai tambahan ilmu dan pembelajaran mengenai perencanaan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* untuk penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Struktur bangunan adalah komponen penting dalam dunia teknik sipil. Bangunan yang biasa kita amati adalah perkantoran, rumah sederhana, hotel, dan sebagainya. Fungsi dari struktur ialah melindungi suatu ruang tertentu terhadap iklim, bahaya-bahaya yang ditimbulkan alam dan menyalurkan semua macam beban ke tanah. Beban yang disalurkan adalah beban yang dipikul struktur itu sendiri, berat bahan struktur, beban angin dan gempa bumi. Berdasarkan sistem penyaluran bebannya, struktur bangunan gedung dibagi menjadi dua, yaitu struktur utama dan struktur pendukung (sekunder).

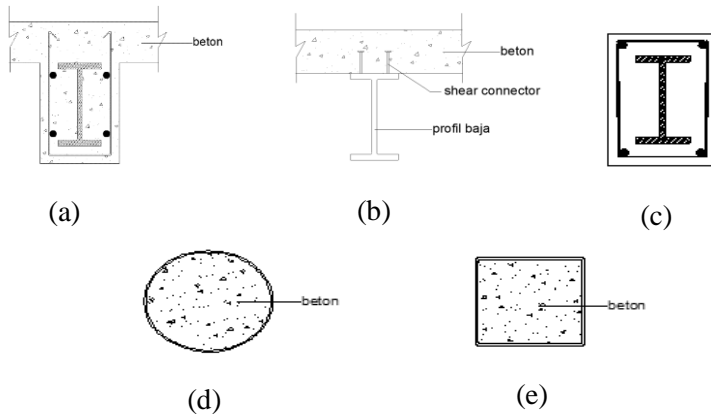
Dalam dunia konstruksi, secara umum kita mengenal struktur bangunan baja dan struktur bangunan beton bertulang. Bangunan baja yang terdiri dari berbagai macam profil baja sebagai struktur utama, memiliki kelebihan tahan terhadap tarik. Namun juga memiliki banyak kelemahan, seperti mudah korosi, tidak tahan terhadap api, dan sebagainya. Sedangkan bangunan beton bertulang sangat kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik.

Oleh karena itu, timbul suatu struktur baru yang disebut struktur komposit baja-beton. Struktur komposit baja adalah satu kesatuan komponen yang terdiri dari baja dan beton. Komponen struktur komposit ini dapat menahan beban sekitar 33% hingga 50% lebih besar daripada beban yang dapat dipikul oleh balok baja saja tanpa adanya perilaku komposit.

2.2 Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Karena komposit melibatkan dua macam material

yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana struktur bukan komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan dikomposisikan dan kinerja struktur tersebut. Karakteristik dasar masing-masing bahan juga dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk, dan murah.



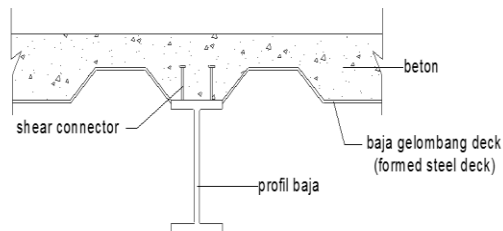
Gambar 2.1 (a) Balok Komposit Terbungkus Beton, (b) Balok Komposit dengan *Steel Deck*, (c) Kolom Komposit WF Terbungkus Beton, (d) Kolom Komposit *Circular Hollow Sections* Terisi Beton, (e) Kolom Komposit *Hollow Structural Tubings* Terisi Beton

Struktur komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai balok, kolom, dan pelat. Umumnya struktur komposit berupa:

1. Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton (Gambar 2.1 **c,a**).
2. Kolom baja berisi beton (Gambar 2.1 **d,e**).
3. Balok baja yang menahan slab beton (Gambar 2.1 **b**).

2.3 Balok Komposit

Balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Balok komposit seperti pada Gambar 2.1 **b** merupakan pelat beton yang disangga balok baja dengan penghubung geser. Sehingga dua struktur tersebut menjadi satu kesatuan dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan struktur. Apabila balok non-komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah dan perpindahan serat atas (Widiarsa dan Deskarta, 2007).



Gambar 2.2 Balok Komposit dengan Dek

Dalam kajian analitis dan eksperimental dek baja bergelombang sebagai elemen pembentuk pelat komposit (Gambar 2.2), menyatakan keuntungan yang dimiliki oleh pelat komposit ini dibandingkan dengan pelat beton bertulang biasa adalah kekakuan dek baja cukup tinggi sehingga memerlukan sedikit penyangga

pada waktu pengecorannya. Dek baja dapat menghemat jumlah pemakaian adukan beton karena memiliki ketebalan yang tipis, menghemat biaya dan waktu karena dek baja berfungsi sebagai formwork untuk pengecoran adukan beton dan dek baja bergelombang dapat dimanfaatkan sebagai tulangan tarik sehingga kebutuhan akan tulangan tarik dapat dikurangi. Pelat baja bergelombang juga memiliki keterbatasan penggunaan dalam jenis pelat dek komposit (Lubis dan Proid dalam Izzati, 2016).

Berikut beberapa jenis balok komposit antara lain:

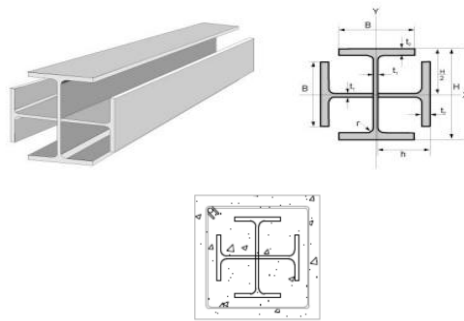
- Balok Komposit Penuh
Untuk balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi.
- Balok Komposit Parsial
Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton.
- Balok Baja Terselubung Beton

2.4 Kolom Komposit

Kolom komposit adalah elemen vertikal dari struktur portal atau *frame* atau struktur rangka dominan mendukung gaya aksial yang terdiri dari gabungan antara bahan profil baja struktur dan beton. Awal mula pengembangan elemen kolom komposit yaitu dari profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton yang tujuan utamanya sebagai pelindung dari api. Kolom komposit terbagi menjadi dua macam, yaitu kolom baja profil yang dibungkus dengan beton dan kolom baja profil berongga yang didalamnya diisi dengan beton (*concrete filled tube*). Yang paling sering dijumpai adalah kolom komposit dengan kolom baja profil yang dibungkus dengan beton. Penambahan beton pada kolom

komposit juga dapat menunda terjadinya kegagalan lokal *buckling* pada profil baja, sementara material baja berfungsi sebagai penahan beban yang terjadi setelah beton gagal.

Salah satu jenis profil baja yang digunakan untuk kolom komposit adalah tipe *King Cross* (Gambar 2.3), yaitu gabungan dua baja profil WF yang disilangkan, dan dibungkus oleh beton untuk kolom kompositnya

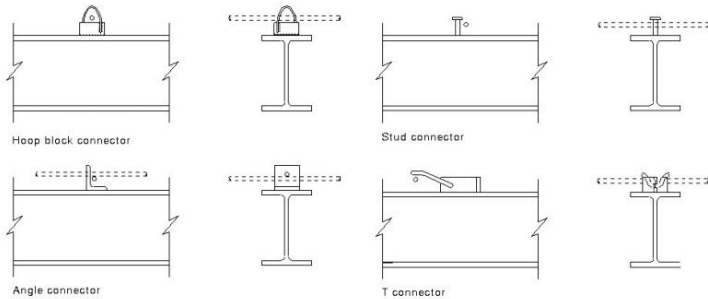


Gambar 2.3 Profil Baja *King Cross*
(Sumber: Brosur Gunung Steel Group)

2.5 Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Idealnya alat penghubung geser harus cukup kaku untuk menghasilkan interaksi penuh, namun hal ini akan memerlukan pengaku yang sangat tergar. Adapun jenis-jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

- Alat penyambung stud (*stud connector*)
- Alat penyambung kanal (*canal connector*)
- Alat penyambung spiral (*spiral connector*)
- Alat penyambung siku (*angle connector*)



Gambar 2.4 Tipe-Tipe *Shear Connector*

Penghubung geser tipe stud dapat memberikan tahanan yang lebih kuat dari penghubung geser tipe “L” sebelum profil I mengalami kegagalan. Semakin besar mutu beton yang dipakai pada struktur komposit maka semakin kuat pula struktur komposit tersebut. Hal itu terjadi karena peningkatan mutu beton menyebabkan penurunan nilai slip sehingga kapasitas beban struktur komposit meningkat (Lahamukang, et.al., 2014)

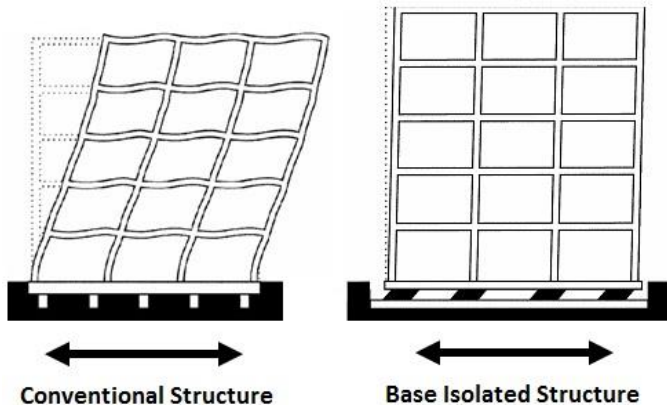
Terdapat berbagai alternatif tipe penggunaan penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit (lihat Gambar 2.4).

2.6 *Base Isolator Elastomeric Rubber Bearing*

Base isolator elastomeric rubber bearing dibentuk dari lembaran baja yang tipis dan karet yang disusun berlapis dan disatukan dengan cara vulkanisasi. Pelat baja tebal diletakkan pada bagian atas dan bawah bantalan tersebut sebagai penghubung antara bantalan dengan pondasi dibawahnya dan bantalan dengan struktur diatasnya. Penutup dari karet digunakan untuk membungkus bantalan untuk melindungi pelat baja dari korosi.

Base isolator merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan

bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki system struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur. Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan base isolator dapat dilihat pada Gambar 2.5.



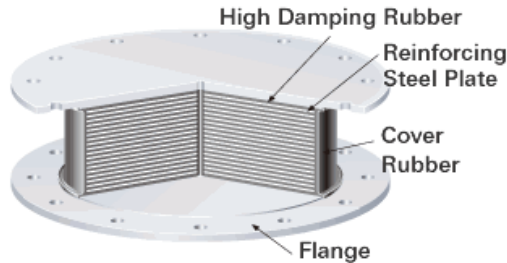
Gambar 2.5 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan *Base Isolator* dan *fixed base*

Prinsip utama cara kerja *elastomeric* adalah dengan memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekuensi dominan gempa sampai 2,5 atau 3 kali dari waktu getar struktur tanpa isolator (*fixed base structure*) dan memiliki damping antara 10% – 20% sehingga gaya gempa yang disalurkan ke struktur lebih kecil, maka sistem rangka pada perencanaan bangunan pun bisa didesain dengan SPRMB pada daerah gempa tinggi.

Elastomeric rubber bearing yang biasa digunakan pada bangunan adalah tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dan *Lead Rubber Bearing* (LRB).

2.6.1 *High damping rubber bearing (HDRB)*

High damping rubber bearing (Gambar 2.6) merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extra fine carbon block*, *oil* atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20% pada *shear strain* 100% dengan modulus geser *soft* ($G = 0,4 \text{ MPa}$) dan *hard* ($G=1,4 \text{ MPa}$).



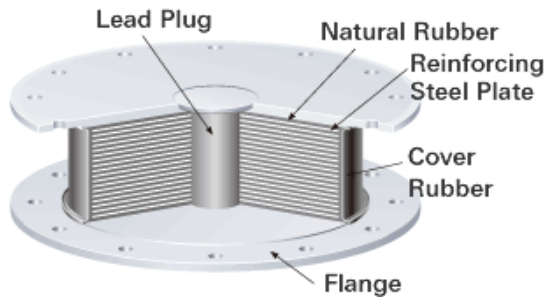
Gambar 2.6 *High Damping Rubber Bearing*
(Sumber: Brosur *Isolation Bridgestone*)

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus didesain dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang dipikul tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi.

2.6.2 *Lead rubber bearing (LRB)*

Lead rubber bearing (Gambar 2.7) adalah *laminated rubber bearing* yang lebih besar terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi ditengahnya diberi rongga yang diisi dengan *lead* (perunggu). Lapisan karet yang di vulkanisir yang bisa bergerak ke semua arah horizontal dilaminasi diantara lapisan baja yang mampu menahan beban aksial. *Lead* (perunggu) yang terletak

ditengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa dan perpindahan.



Gambar 2.7 *Lead Rubber Bearing*
(Sumber: Brosur *Isolation Bridgestone*)

Lapisan karet pada bantalan memberikan fleksibilitas lateral sedangkan lapisan baja memberikan kemampuan untuk menahan beban aksial. Lapisan penutup karet pada bantalan berfungsi untuk melindungi pelat baja agar tidak korosi. Pelat baja pada bagian atas dan bawah bantalan berfungsi untuk menghubungkan isolator dengan struktur diatas dan dibawahnya.

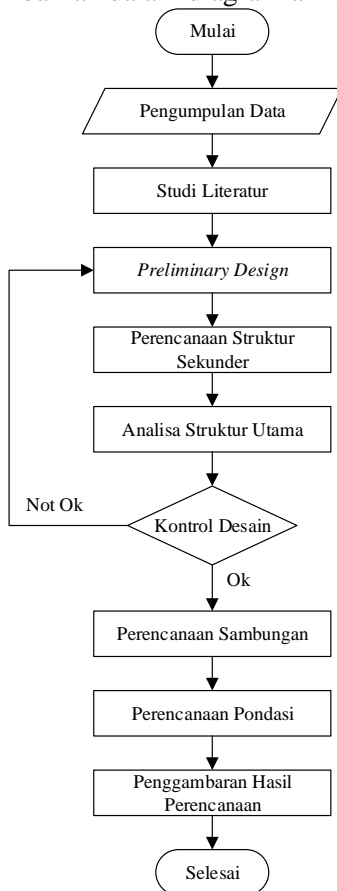
Lead rubber bearing didesain sangat kaku dan kuat diarah vertikal dan lentur diarah horizontal sehingga beban vertikal dan lateral yang kecil bisa didukung tanpa menimbulkan perpindahan yang berarti. *Lead* mengalami kelelahan pada tegangan rendah dan berperilaku sebagai solid elastis – elastis. Kekakuan pasca kelelahan yang baik terhadap *cyclic loading* karena dapat memulihkan hampir seluruh propertis mekaniknya tepat setelah terjadi kelelahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir

3.2 Data Perencanaan

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai data perencanaan yang akan digunakan pada penulisan Tugas Akhir. Dengan mempelajari gambar perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Berikut adalah data modifikasi yang digunakan :

- Data Umum Bangunan Modifikasi
 - Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta
 - Lokasi : Jl. Deli no. 4 Jakarta Utara
 - Fungsi : Rumah Sakit
 - Jumlah Lantai : 16 Lantai
 - Struktur menggunakan komposit baja-beton (kolom profil *king cross* terselubung beton dan balok komposit menggunakan *steel deck*) dengan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*
 - Pondasi : Tiang Pancang *Spun Pile WKA*
- Mutu Bahan
Untuk perencanaan, digunakan kuat tekan beton (f'_c) sebesar 30 MPa, sedangkan untuk mutu baja digunakan BJ 41.
- Data-data *Steel Deck*
Pelat bordes menggunakan *steel deck* berdasarkan brosur *Super Floor Deck*.
- Kelas Situs
Kelas situs yang digunakan adalah berdasarkan data tanah kota Jakarta yang terlampir.

3.3 Studi Literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang membahas hal-hal dalam Tugas Akhir ini dan mengacu peraturan (*code*) yang berkaitan untuk membantu proses pengerjaan Tugas Akhir.

3.4 Penentuan Kriteria Desain

Kategori desain seismik suatu struktur harus disesuaikan dengan SNI 1726:2012 pasal 6.5. Struktur dengan kategori risiko I, II, III, dan IV harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik-nya sesuai dengan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut. Gedung RSUD Koja direncanakan dibangun di Kota Jakarta, dengan demikian akan didapatkan kategori risiko sesuai dengan tabel tersebut. Sehingga sistem struktur yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian yang ada di SNI 1726:2012.

Tabel 3.1 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.2 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{DS} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{DS} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DS}$	D	D

3.5 Preliminary Design

Penaksiran dimensi awal dari suatu struktur disesuaikan dengan peraturan SNI 1729:2015.

- Preliminary design balok komposit
- Preliminary design kolom komposit

Dalam perencanaan struktur sekunder sub bab selanjutnya, dibutuhkan pembebanan pada struktur. Pembebanan pada struktur direncanakan mengikuti SNI 1727:2013 dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 :

1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1, pengertian beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Beban mati yang digunakan berdasarkan PPIUG 1983 Tabel 2.1.

2. Beban Hidup

Beban hidup menurut PPIUG 1983 adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Beban hidup gedung rumah sakit dapat dilihat di PPIUG 1983 Tabel 3.1.

3. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.1.1 tentang ruang lingkup, bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Penahan Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini.

4. Beban Tanah

Tekanan lateral tanah perlu diperhatikan dalam perancangan struktur di bawah tanah. Beban lateral minimum

mengacu pada SNI 1727:2013 Tabel 3-1. Tegangan tanah secara umum adalah sebagai berikut:

Tegangan tanah aktif,

$$\sigma = Ka_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + Ka_q \times q_1 - \sqrt{Ka_c} \times 2c \quad (3.1)$$

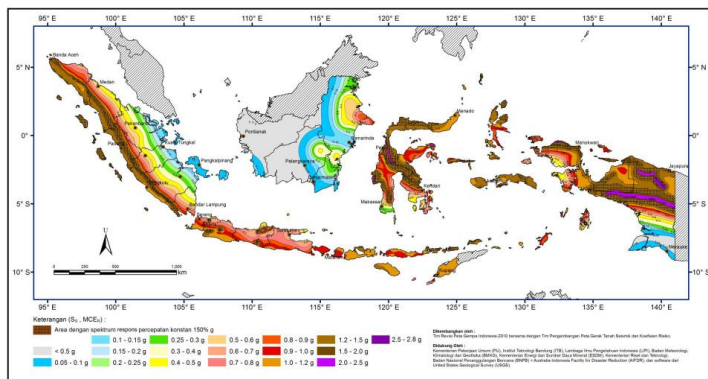
Tegangan tanah pasif:

$$\sigma = Kp_{\gamma} \times \gamma \times z_2 + Kp_q \times q_1 + \sqrt{Kp_c} \times 2c \quad (3.2)$$

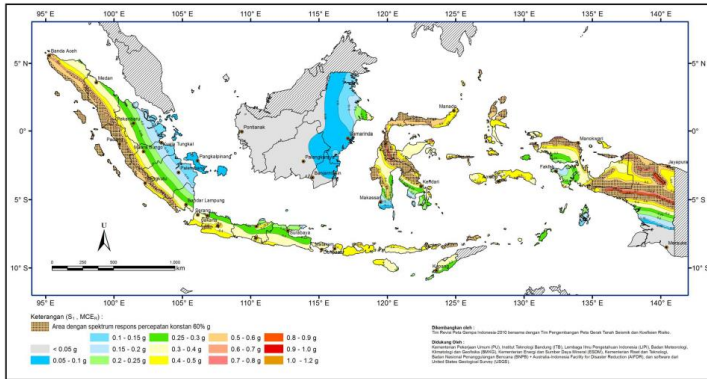
Tekanan tanah lateral adalah luasan dari diagram tegangan tanah.

5. Beban Gempa

Beban gempa harus di analisa sesuai dengan SNI 1726:2012. Beban gempa yang digunakan harus sesuai dengan percepatan respon spektrum yang terjadi. Penentuan respon spektrum berdasar wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Spektrum Respons Percepatan di Indonesia (S_s)



Gambar 3.3 Spektrum Respons Percepatan di Indonesia (S₁)

Respon seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.3)$$

Dimana :

S_{DS} = percepatan spektrum respons disain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons dalam tabel 9 SNI 1726:2012

I_e = faktor keutamaan gempa dalam tabel 1 SNI 1726:2012

Nilai C_s max tidak perlu lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.4)$$

Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W \quad (3.5)$$

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (3.6)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.7)$$

Dimana :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif total struktur

6. Kombinasi

Berdasarkan SNI 03-1729-2002, kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan dibawah ini.

$$U = 1.4D$$

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2D + 1.0L \pm 1.0E$$

$$U = 1.0D + 1.0L$$

$$U = 0.9D \pm 1.0E$$

3.6 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder selalu didahulukan dari struktur utama karena struktur sekunder akan meneruskan beban yang ada ke struktur utama. Struktur sekunder yang akan direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tangga

Perencanaan tangga berdasar pada SNI 1729:2015 pasal B4 dan pasal F. Pada pasal B4.1, penampang yang mengalami tekuk lokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen-langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi λ_r disebut

penampang dengan elemen langsing. $\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, non kompak atau penampang elemen langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, λ_p , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal terhadap lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_r disebut penampang dengan elemen langsing.

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{dan} \quad \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.8)$$

keterangan

E = modulus elastisitas baja = 200000 MPa

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

2. Pelat Lantai

Perencanaan pelat lantai komposit berdasar pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4. Berdasar pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dan leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral:

a. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.9)$$

$$\phi_b = 0.90 \text{ (DFBK)}$$

keterangan :

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

Z_x = modulus penampang plastis di sumbu x, mm³

b. Tekuk Torsi-Lateral

- Bila $L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

- Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.10)$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{maks}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.11)$$

- $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.12)$$

keterangan

M_{maks} = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

M_A = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

- M_B = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm
 M_C = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm
 L_b = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.13)$$

- E = modulus elastisitas baja = 200000 MPa
 J = konstanta torsi, mm⁴
 S_x = modulus penampang elastis di sumbu x, mm³
 h_o = jarak antar titik berat sayap, mm
 r_{ts} = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal, M_n , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu metode berikut:

- a.) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b.) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.
 $\phi_b = 0.90$ (LRFD)
- c.) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, angkur baja harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal 14.1, kekuatan geser desain, $\phi_v V_n$, harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- a.) Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2. Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (3.14)$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan $h/t_w \leq 2.24 \sqrt{E/F_y}$:

$$\phi_v = 1.00(DFBK) \text{ dan } C_v = 1.0$$

- b.) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75(DFBK)$$

- c.) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75(DFBK)$$

3. Pelat Atap

Perencanaan pelat atap komposit berdasar pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4 seperti yang dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit.

4. Balok Anak

Perencanaan balok anak komposit berdasar pada SNI 1729:2015 pasal I3 seperti yang dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit.

5. Balok Lift

Perencanaan balok lift komposit mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 seperti pada perencanaan balok anak komposit.

3.7 Analisa Struktur Utama

3.7.1 Pemodelan struktur utama

Analisa struktur utama menggunakan *software SAP2000* untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur utama. Pembebanan gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012 diatur menggunakan analisa respons dinamik.

3.7.2 Perencanaan struktur utama

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I, langkah-langkah perencanaan struktur komposit baja beton adalah sebagai berikut:

- Ketentuan Umum

Dalam menentukan efek beban dalam komponen struktur dan sambungan dari struktur yang termasuk komponen komposit, harus dipertimbangkan penampang efektif pada setiap dilakukan peningkatan beban.

- Gaya Aksial

- a. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, komponen struktur komposit terbungkus beton yang dibebani secara aksial simetri ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari tekuk lentur berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0.75(DFBK)$$

$$\text{Bila } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25$$

$$P_n = P_{no} \left[0.658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \quad (3.15)$$

$$\text{Bila } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25$$

$$P_n = 0.877 P_e \quad (3.16)$$

Keterangan

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c$$

P_e = beban tekuk kritis elastis ditentukan menurut SNI 1729:2015 bab C atau Lampiran 7, kips (N)

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2$$

A_c = luas beton, mm²

A_s = luas penampang baja, mm²

E_c = modulus elastisitas beton = $0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c}$, MPa

EI_{eff} = kekakuan efektif penampang komposit, N-mm²

$$= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c$$

C_1 = koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen struktur tekan komposit terbungkus beton

$$= 0.1 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3$$

E_s = modulus elastisitas baja = 200000 MPa

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, MPa

F_{ysr} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari batang tulangan, MPa

I_c = momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm⁴

I_s = momen inersia profil baja di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm⁴

I_{sr} = momen inersia batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang elastis, mm⁴

K = faktor panjang efektif

L = panjang tanpa breising secara lateral dari komponen struktur, mm

f'_c = kekuatan beton yang disyaratkan, MPa

w_c = berat beton per unit volume $1500 \leq w_c \leq 2500$ (kg/m³)

b. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur terbungkus beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_{no} = F_y A_s F_{ysr} A_{sr} \quad (3.17)$$

$$\phi_t = 0.90(DFBK)$$

c. Persyaratan Pendetailan

Spasi bersih antara inti baja dan tulangan longitudinal harus diambil minimum sebesar 1.5 diameter tulangan, tetapi tidak lebih kecil dari 1.5 in. (38 mm).

- Gaya Lentur

Lebar efektif pelat beton harus diambil dari jumlah lebar efektif untuk setiap sisi sumbu balok, masing-masing yang tidak melebihi:

- seperdelapan dari bentang balok, pusat ke pusat tumpuan;
- setengah jarak ke sumbu dari balok yang berdekatan; atau
- jarak ke tepi dari pelat.

a. Kuat Lentur Positif

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.2 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral:

1. Pelelehan

Momen dihitung menggunakan persamaan (3.9)

2. Tekuk Torsi-Lateral

- Bila $L_b \leq L_p$

Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

- Bila $L_p < L_b \leq L_r$

Perhitungan momen mengacu pada persamaan (3.10) dan (3.11)

- $L_b > L_r$

Perhitungan momen mengacu pada persamaan (3.12), sedangkan perhitungan F_{cr} mengacu pada persamaan (3.13).

b. Kuat Lentur Negatif

Kekuatan lentur negatif tersedia harus ditentukan untuk penampang baja sendiri, menurut persyaratan SNI 1729:2015 pasal F. Kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur harus

merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral:

1. Pelelehan

Momen dihitung menggunakan persamaan (3.9)

2. Tekuk Torsi-Lateral

- Bila $L_b \leq L_p$

Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan

- Bila $L_p < L_b \leq L_r$

Perhitungan momen mengacu pada persamaan (3.10) dan (3.11)

- $L_b > L_r$

Perhitungan momen mengacu pada persamaan (3.12), sedangkan perhitungan F_{cr} mengacu pada persamaan (3.13).

Alternatif kekuatan lentur negatif yang tersedia harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit, untuk keadaan batas leleh (momen plastis), dimana

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

Asalkan memenuhi batasan berikut:

- 1.) Balok baja adalah penampang kompak dan dibreising secara cukup menurut SNI 1729:2015 pasal F.
- 2.) *Steel headed stud* atau angkur kanal baja yang menyambungkan pelat ke balok baja pada daerah momen negatif.
- 3.) Tulangan pelat yang parallel pada balok baja, di lebar efektif pelat, diperhitungkan dengan tepat.

- Gaya Geser

- a. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton

Kekuatan geser desain, $\phi_v V_n$, harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

1. Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2.

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser mengacu pada persamaan (3.14). untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$h/t_w \leq 2.24\sqrt{E/F_y} :$$

$$\phi_v = 1.00(DFBK) \text{ dan } C_v = 1.0$$

- a.) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75(DFBK)$$

- b.) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75(DFBK)$$

2. Balok Komposit dengan Dek Baja Berlekuk

Kekuatan geser yang tersedia dari balok komposit dengan *steel headed stud* atau angkur kanal baja harus ditentukan berdasarkan properti dari penampang baja sendiri menurut SNI 1729:2015 pasal G.

- Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan stabilitas seperti disyaratkan oleh SNI 1729:2015 pasal C. Kekuatan tekan yang tersedia dan kekuatan lentur yang tersedia harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari efek panjang pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal I2.

Untuk komponen struktur komposit dibungkus beton dan komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang kompak, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729:2015 pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729:2015 pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan pada SNI 1729:2015 pasal H1.1.

- Angkur Baja

Untuk beton normal, angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh lebih kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik tidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

3.8 Perencanaan Base Isolator

Setelah diperoleh permodelan struktur *fixed-base*, selanjutnya ialah memodelkan struktur yang menggunakan *base isolation*, dengan cara mengganti perletakkan *fixed-base* dengan *isolation device*. Maka dari itu dibutuhkan terlebih dahulu parameter kekakuan *Isolator*.

- a. Penentuan Kekakuan Isolator (*Base Isolation*)

Dengan diperolehnya parameter saat analisa *fixed-base* (periode natural bangunan dan reaksi perletakkan) maka akan ditentukan nilai kekakuan vertikal (K_v) dan nilai kekakuan horizontal (K_h) dari *Isolator Device*. Parameter ini dibutuhkan saat memodelkan struktur yang menggunakan *base isolator*.

- b. Penentuan Dimensi *High Damping Rubber Bearing*

Dari parameter gaya dan reaksi analisa struktur *fixed-base* dapat didesain kebutuhan dimensi *base isolator*.

- c. Data *Isolation Device Type High Damping Rubber Bearing*

Data base isolator yang diperoleh penulis pada analisa ini adalah brosur spesifikasi HDRB Katalog Bridgestone (lampiran).

d. Penentuan Beban Gempa *Isolation Structure* (V_b dan V_s)

Dalam desain gaya geser, sistem *isolation*, pondasi dan semua elemen yang berada dibawah sistem *isolation*, didesain dengan gaya:

$$V_b = K_{D_{\max}} \times D_D \quad (3.18)$$

dimana $K_{D_{\max}}$ ialah kekakuan efektif maksimum dari sistem *isolation* dan D_D adalah perpindahan rencana. Dengan persyaratan ini, semua elemen yang berada dibawah isolator didesain secara elastis untuk gaya maksimum ditransfer melalui sistem *isolation* pada level desain beban gempa.

Sedangkan gaya geser minimum untuk struktur yang berada diatas isolator:

$$V_s = \frac{K_{D_{\max}} \times D_D}{R_i} \quad (3.19)$$

ini adalah gaya elastis pada sistem *isolation*, yang digunakan pada elemen yang berada diatas isolator, yang direduksi oleh faktor R_i (*isolated*). Nilai V_s dihitung tidak boleh lebih kecil dari nilai dibawah ini:

- Gaya gempa lateral untuk *fixed base structure* dengan berat (W) yang sama dan periode yang sama (T_D).
- Gaya geser sesuai dengan desain beban angin.
- Gaya lateral yang disyaratkan pada sistem *isolation* dengan faktor 1.5.

Adapun nilai R untuk *fixed base* dan *isolated structure* dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 12.5.4.2, selain itu perlu dikontrol perpindahan yang terjadi akibat *base isolator*.

3.9 Perencanaan Sambungan

a. Sambungan Las

Kekuatan nominal las sudut persatuan panjang adalah sebagai berikut:

- Untuk logam las

$$R_n = 0,6 f_{uw} te \quad (3.20)$$

- Untuk logam dasar

$$R_n = 0,6 f_u t \quad (3.21)$$

- Kuat Sambungan

$$R_u = \phi R_n, \phi = 0,75 \quad (3.22)$$

keterangan

f_u = tegangan tarik putus logam dasar, MPa

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las, MPa

te = tebal rencana las, mm

b. Sambungan Baut

1. Baut tipe tumpu

Kekuatan baut jenis tumpu berdasarkan atas kekuatan geser atau kekuatan tumpu.

Kekuatan geser nominal baut (V_n)

$$V_n = r_1 f_u^b A_b m \quad (3.23)$$

Dimana,

m = jumlah bidang geser

r_1 = 0,50 tanpa ulir pada bidang geser baut

= 0,40 ada ulir pada bidang geser baut

f_u^b = tegangan tarik putus baut, Mpa

A_b = luas bruto penampang baut, mm²

Kuat rencana $V_d = \phi V_n$, dimana $\phi = 0.75$

Kekuatan tumpu nominal baut (R_n)

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u \quad (3.24)$$

Dimana,

d_b = diameter nominal baut, mm

t_p = tebal pelat tertipis, mm

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan pelat, Mpa

Kuat rencana $R_d = \phi R_n$, dimana $\phi = 0.75$

2. Baut mutu tinggi tiper gesek

Baut dalam menahan beban geser (V_u) harus ditentukan sebagai berikut.

$$V_n = 1,13 \mu m T_b \quad (3.25)$$

Dimana,

μ = koefisien geser

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum baut, kN

Kuat rencana $V_d = \phi V_n$

ϕ = 1 untuk lubang standar

ϕ = 0,85 untuk lubang selot pendek dan lubang besar

ϕ = 0,7 untuk lubang selot panjang \perp arah kerja beban

ϕ = 0,60 untuk lubang selot panjang $//$ arah kerja beban

3.10 Perencanaan Pondasi

Dalam sub bab ini dilakukan perencanaan pondasi tiang pancang dan *pile cap* (*poer*) yang mampu menahan struktur atas gedung. Data yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT)

3.10.1 Perencanaan pondasi tiang pancang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi (Q_p) dan lekatan tanah di sekeliling tiang pondasi (Q_s). Langkah-langkah dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

- a. Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

$$i. N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad (3.26)$$

(Terzaghi & Peck dalam Wahyudi, 2013)

$$\text{ii. } N_1 = 0.6N \quad (3.27)$$

harga yang dipilih adalah harga N_1 yang terkecil dari kedua rumusan diatas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dan bila $N \leq 15$, tidak ada koreksi ($N_1 = N$)

b. Daya dukung 1 tiang pancang:

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_P + Q_S \\ &= qp \times A_{ujung} + \sum Cl \times As \\ &= \alpha \times \overline{Np} \times K \times A_{ujung} + \beta \times \left(\frac{\overline{Ns}}{3} + 1 \right) \times As \end{aligned} \quad (3.28)$$

keterangan

\overline{Np} = harga rata-rata SPT disekitar 4D diatas hingga 4D dibawah dasar tiang pondasi

α = *base coefficient* menurut Decourt et all dalam Wahyudi,2013

K = koefisien karakteristik tanah di dasar pondasi

A_{ujung} = Luas penampang dasar tiang

β = *shaft coefficient* menurut Decourt et all dalam Wahyudi, 2013

\overline{Ns} = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan: $3 \leq N \leq 50$, khusus untuk aspek *friction*

As = Keliling x panjang tiang terbenam (luas selimut tiang)

$$P_{1 \text{ Tiang}} = \frac{Q_L}{SF} \rightarrow SF = 3, \text{ ton} \quad (3.29)$$

Dalam penggunaan pondasi tiang kelompok, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2} \quad (3.30)$$

dimana X_i & Y_i adalah koordinat sebuah tiang, dengan total n tiang.

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan disekeliling tiang, sehingga perlu memperhitungkan jarak antar tiang dalam pondasi grup. Sebaiknya jarak minimum antar tiang dalam grup adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang grup menggunakan koefisien C_e (Converse-Labarre):

$$C_e = 1 - \frac{\left(\arctan \frac{D}{s} \right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (3.31)$$

Sehingga

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times C_e \quad (3.32)$$

dengan n = jumlah tiang dalam grup

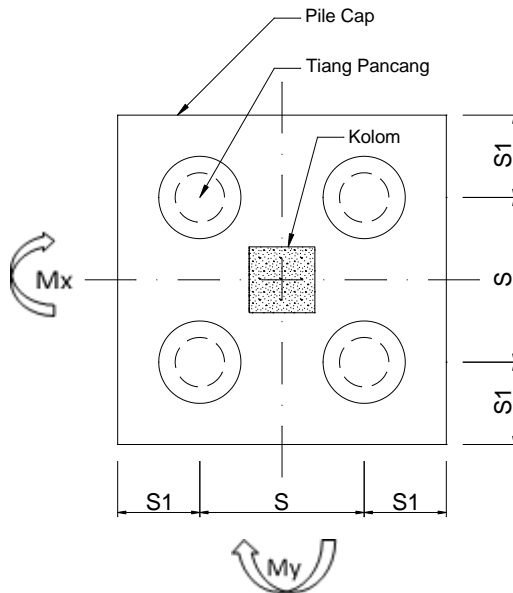
Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang, $P_v \text{ maks} < Q_L (\text{group})$

3.10.2 Perencanaan *pile cap*

Pada perancangan *pile cap* perlu diperhatikan beberapa ketentuan mengenai footing untuk struktur beton sesuai SNI 2847:2013 pasal 15. Ketentuan tersebut antara lain:

- 1.) Tebal minimum *pile cap* diatas tiang pancang minimum 300 mm (pasal 15.7)
- 2.) Dalam perhitungan momen dan gaya geser diperbolehkan membuat asumsi bahwa reaksi dari tiang terkonsentrasi pada pusat (tengah) tiang (pasal 15.2.3)

Perhitungan geser pons haruslah yang terkecil berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1. Ilustrasi dari pondasi tiang pancang grup dapat dilihat di Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang Grup

3.11 Penggambaran Hasil Perencanaan

Hasil analisa struktur di atas divisualisasikan dalam gambar teknik. Penggambaran hasil perencanaan ini menggunakan program bantu AutoCAD.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Struktur Sekunder

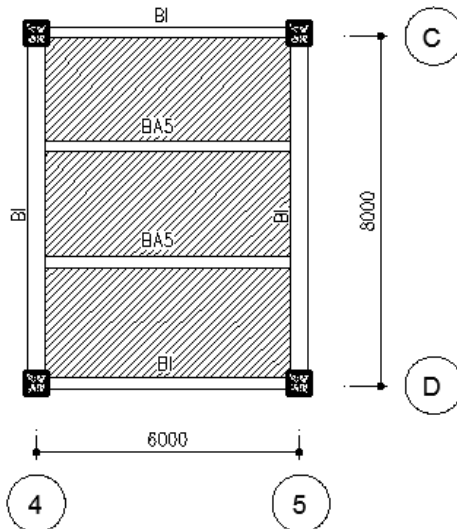
4.1.1. Perencanaan pelat

Pelat direncanakan menggunakan dek baja gelombang (bondek) sesuai dengan brosur *Super Floor Deck* dengan data sebagai berikut:

- Tebal = 0.75 mm
- Berat = 10,1 kg/m²

4.1.1.1. Perencanaan pelat atap

Denah pelat atap dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pelat Atap yang Direncanakan

Untuk perencanaan pelat atap, dihitung pelat atap yang memiliki kondisi paling kritis dengan bentang 2,67 meter.

Perhitungan beban berguna (*superimposed load*)

- Beban hidup
 - Lantai atap (qL) = 96 kg/m²
- Beban finishing
 - Aspal (1cm) = 14 kg/m²
 - Penggantung plafond = 7 kg/m²
 - Plafond = 11 kg/m²
 - MEP = 25 kg/m² +
 - Total (qD) = 57 kg/m²
- Beban berguna (*superimposed load*) : beban hidup + beban finishing
 $96 + 57 = 153 \text{ kg/m}^2$, dipakai 200 kg/m^2 pada tabel perencanaan praktis.

Perhitungan tulangan negatif

Kebutuhan tulangan negatif pada pelat atap direncanakan berdasarkan tabel perencanaan praktis yang terdapat pada brosur.

- Beban berguna = 200 kg/m²
- Bentang = 2,67 m, pakai 2,75 m (satu penyangga, bentang menerus)

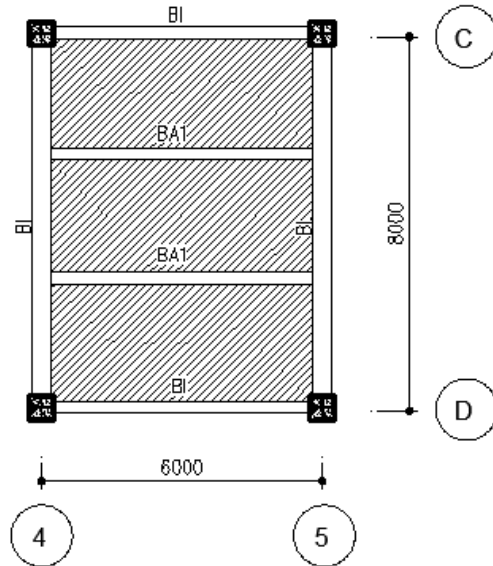
Diperoleh data sebagai berikut :

- Tebal Pelat = 9 cm
- Tul. negatif (mutu U-48) = 1,968 cm²/m (interpolasi)
- Tul. negatif (mutu BJ 41) = 3,779 cm²/m
- Direncanakan tulangan diameter 10 mm ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$)
- Jumlah tulangan per 1 m = $3,779/0,786 = 5$ tulangan
- Spasi tulangan = $1000/5 = 200 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

4.1.1.2. Perencanaan pelat lantai

Denah pelat lantai dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pelat Lantai yang Direncanakan

Untuk perencanaan pelat lantai, dihitung pelat lantai yang memiliki kondisi paling kritis dengan bentang 2,67 meter.

Perhitungan beban berguna (*superimposed load*)

- Beban hidup
 - Lantai (q_L) $= 192 \text{ kg/m}^2$
- Beban finishing
 - Keramik (1cm) $= 24 \text{ kg/m}^2$
 - Adukan semen (1cm) $= 21 \text{ kg/m}^2$
 - Penggantung plafond $= 7 \text{ kg/m}^2$
 - Plafond $= 11 \text{ kg/m}^2$
 - MEP $= 25 \text{ kg/m}^2$
 - Total (q_D) $= 88 \text{ kg/m}^2$
- Beban berguna (*superimposed load*) : beban hidup + beban finishing

$192 + 88 = 280 \text{ kg/m}^2$, dipakai 300 kg/m^2 pada tabel perencanaan praktis.

Perhitungan tulangan negatif

Kebutuhan tulangan negatif pada pelat lantai direncanakan berdasarkan tabel perencanaan praktis yang terdapat pada brosur.

- Beban berguna $= 300 \text{ kg/m}^2$
- Bentang $= 2,67 \text{ m}$, pakai $2,75 \text{ m}$ (satu penyangga, bentang menerus)

Diperoleh data sebagai berikut :

- Tebal Pelat $= 9 \text{ cm}$
- Tul. negatif (mutu U-48) $= 2,199 \text{ cm}^2/\text{m}$ (interpolasi)
- Tul. negatif (mutu BJ 41) $= 4,222 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Direncanakan tulangan diameter 10 mm ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$)
- Jumlah tulangan per 1 m $= 4,222/0,786 = 6$ tulangan
- Spasi tulangan $= 1000/6 = 166,67 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif $\phi 10 - 160 \text{ mm}$

4.1.2. Perencanaan balok anak

Fungsi balok anak adalah menyalurkan beban yang dipikul pelat lantai atau atap ke balok induk. Balok anak direncanakan sebagai struktur sekunder sehingga dalam perencanaannya tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.1.2.1. Perencanaan balok anak atap

Balok anak atap (BA5) direncanakan dengan panjang 6 m . Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

T pelat = 9 cm
 L balok = 6 m
 L bentang = 2,67 m

- **Beban mati**
 - Plafond = $11 \times 2,67$ = 29,37 kg/m
 - Penggantung plafond = $7 \times 2,67$ = 18,69 kg/m
 - Aspal (1cm) = $14 \times 2,67$ = 37,38 kg/m
 - MEP = $25 \times 2,67$ = 66,75 kg/m
 - Pelat bondek = $10,1 \times 2,67$ = 26,97 kg/m
 - Pelat beton = $0,09 \times 2400 \times 2,67$ = 576,72 kg/m
 - Profil = 44,1 kg/m + 799,98 kg/m
 - Sambungan (10%) = $0,1 \times 799,97$ = 79,99 kg/m +
 - Total qD = 879,97 kg/m
- **Beban hidup**
 - Atap (qL) = $96 \times 2,67$ = 256,32 kg/m
- **Beban berfaktor**
 $q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$
 $= 1,2 \times 879,97 + 1,6 \times 256,32$ = 1466,08 kg/m
- **Gaya dalam pada balok**
 $R_a = R_b = V_u$
 $= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1466,08 \times 6 = 4398,24 \text{ kg}$
Mu (tengah bentang)
 $= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1466,08 \times 6^2 = 6597,37 \text{ kgm}$
Mu (1/4 bentang)
 $= R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$
 $= 4398,2 \times \frac{1}{4} 6 - 0,5 \times 1466,08 \times \left(\frac{1}{4} 6\right)^2 = 4948,03 \text{ kgm}$
- **Kontrol penampang**
 - Sayap
 $\frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 535 \times 2500$$

$$= 1337500 \text{ kgcm} = 13375 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$6597,37 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 13375 = 12037,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 600 \text{ cm}$$

$$L_p = 208,8 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 689,21 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 6597,37}{2,5 \times 6597,37 + 3 \times 4948,03 + 4 \times 6597,37 + 3 \times 4948,03}$$

$$= 1,136$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,136 \left[13375 - \left(13375 - 0,7 \times 2500 \times 502 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{600 - 208,08}{689,21 - 208,08} \right) \right]$$

$$= 10950,07 \text{ kgm} < 13375 \text{ kgm (OK!)}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$6597,37 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 10950,07 = 9855,07 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,4 \times 0,7 \times 1 \\ &= 25620 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$4398,24 \text{ kg} \leq 1 \times 25620 \text{ kg} = 25620 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 600/360 = 1,67 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(qD+qL)L^4}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(8,799+2,563) \times 600^4}{2000000 \times 6120} \right) = 1,566 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$1,566 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm (OK!)}$$

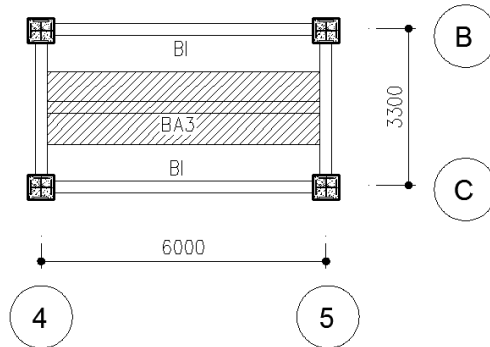
Sehingga profil WF 250 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak (BA5) pada atap. Rekapitulasi balok anak pada lantai dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Balok Anak Atap

Nama Balok	Panjang	Dimensi Balok
BA 5	6 m	250x175x7x11
BA 6	4,575 m	200x150x6x9
BA 7	6 m	250x125x6x9
BA 8	7,275 m	350x175x6x9
	6,875 m	

4.1.2.2. Perencanaan balok anak lantai

Balok anak lantai (BA3) direncanakan dengan panjang 6 m. Balok anak lantai yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Balok Anak Lantai yang Direncanakan

Balok anak lantai (BA3) direncanakan dengan profil WF 250x175x7x11, dengan data sebagai berikut:

W	= 44,1 kg/m	A	= 56,24 cm ²
bf	= 175 mm	d	= 244 mm
tf	= 11 mm	tw	= 7 mm
r	= 16 mm	ix	= 10,4 cm
iy	= 4,18 cm	Ix	= 6120 cm ⁴
Iy	= 984 cm ⁴	Sx	= 502 cm ³
Sy	= 113 cm ³	Zx	= 535 cm ³
Zy	= 171 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 190 mm
Lp	= 208,8 cm	lr	= 689,21 cm

Bahan :

Fy	= 2500 kg/cm ²
T pelat	= 9 cm
L balok	= 6 m
L bentang	= 1,65 m

• Beban mati

$$- \text{Plafond} = 11 \times 1,65 = 18,15 \text{ kg/m}$$

- Penggantung plafond = $7 \times 1,65$ = 11,55 kg/m
- Adukan semen (1cm) = $21 \times 1,65$ = 34,65 kg/m
- Keramik (1cm) = $24 \times 1,65$ = 39,60 kg/m
- MEP = $25 \times 1,65$ = 41,25 kg/m
- Pelat bondek = $10,1 \times 1,65$ = 16,66 kg/m
- Pelat beton = $0,09 \times 2400 \times 1,65$ = 356,4 kg/m
- Profil = $\underline{44,1 \text{ kg/m} + 562,365 \text{ kg/m}}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 562,365$ = $\underline{56,236 \text{ kg/m} + 618,602 \text{ kg/m}}$
- Total qD = 618,602 kg/m
- Beban hidup
 - Atap (qL) = $192 \times 1,65$ = 316,80 kg/m
- Beban berfaktor
 $q_u = 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL}$
 $= 1,2 \times 618,60 + 1,6 \times 316,80$ = 1249,2 kg/m
- Gaya dalam pada balok
 $R_a = R_b = V_u$
 $= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1249,2 \times 6 = 3747,6 \text{ kg}$
 Mu (tengah bentang)
 $= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1249,2 \times 6^2 = 5621,408 \text{ kgm}$
 Mu (1/4 bentang)
 $= R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$
 $= 3747,6 \times \frac{1}{4} \times 6 - 0,5 \times 1249,2 \times \left(\frac{1}{4} \times 6\right)^2 = 4216,06 \text{ kgm}$
- Kontrol penampang
 - Sayap
 $\frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$
 $\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 535 \times 2500$$

$$= 1337500 \text{ kgcm} = 13375 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$5621,408 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 13375 = 12037,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 600 \text{ cm}$$

$$L_p = 208,8 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 689,21 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 5621,4}{2,5 \times 5621,4 + 3 \times 4216,06 + 4 \times 5621,4 + 3 \times 4216,06}$$

$$= 1,136$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,136 \left[13375 - \left(13375 - 0,7 \times 2500 \times 502 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{600 - 208,08}{689,21 - 208,08} \right) \right]$$

$$= 10950,07 \text{ kgm} < 13375 \text{ kgm (OK!)}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$5621,408 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 10950,07 = 9855,07 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{190}{7} = 27,14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,4 \times 0,7 \times 1 \\ &= 25620 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$3747,6 \text{ kg} \leq 1 \times 25620 \text{ kg} = 25620 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 600/360 = 1,67 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(6,186 + 3,168) \times 600^4}{2000000 \times 6120} \right) = 1,289 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$1,289 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 250 x 175 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak (BA3) pada lantai. Rekapitulasi balok anak pada lantai dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Balok Anak Lantai

Nama Balok	Panjang	Dimensi Balok
BA 1	6 m	350x175x6x9
BA 2	4,575 m	200x150x6x9
	4,875 m	
BA 3	6 m	250x175x7x11
BA 4	7,275 m	350x175x7x11
	8 m	
BA 9	2.875 m	125x60x6x8

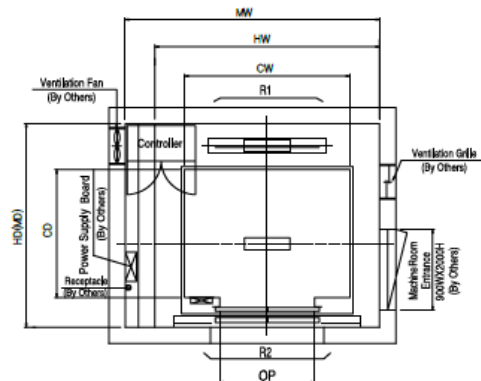
4.1.3. Perencanaan balok lift

Balok lift yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift dan beban-beban yang terjadi pada lift yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpang lift.

4.1.3.1. Spesifikasi lift

Lift yang digunakan dalam perencanaan ini adalah lift yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe lift	: General type simplex (standard)
Merk	: Sigma
Kapasitas	: 15 orang (1000 kg)
Lebar pintu	: 900 mm
<i>Car size</i>	: 1600 x 1500 mm ²
<i>Hostway size</i>	: 2000 x 2150 mm ²
Beban reaksi ruang mesin:	
R1	: 5450 kg
R2	: 4300 kg



Gambar 4.5 Spesifikasi Lift

Dalam pembebanan balok lift, perlu diperhitungkan koefisien kejut yang terjadi. Berdasarkan PPIUG 1983 Pasal 3.3.(3) koefisien kejut ditentukan menurut rumus berikut:

$$\psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

dimana:

ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

v = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat-sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan dapat diambil sebesar 1,3.

Sehingga koefisien kejut yang bekerja pada balok adalah,

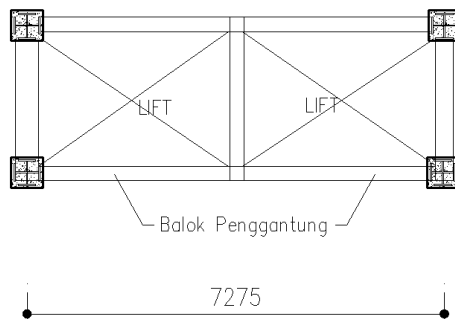
$$\psi = (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) = 1,78 \geq 1,15$$

$$P1 = 1,78 \times 5450 = 9701 \text{ kg (menentukan)}$$

$$P2 = 1,78 \times 4300 = 7654 \text{ kg}$$

4.1.3.2. Perencanaan balok penggantung lift

Balok penggantung lift direncanakan dengan panjang 3,63 m. Balok penggantung lift yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.6.

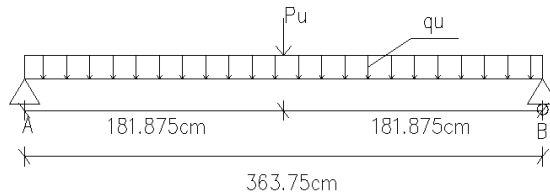


Gambar 4.6 Balok Penggantung Lift yang Direncanakan

Balok penggantung lift direncanakan dengan profil WF 300x150x5,5x8, dengan data sebagai berikut:

W	= 32 kg/m	A	= 40,8 cm ²
bf	= 149 mm	d	= 298 mm
tf	= 8 mm	tw	= 5,5 mm
r	= 13 mm	ix	= 12,4 cm
iy	= 3,29 cm	Ix	= 6320 cm ⁴
Iy	= 442 cm ⁴	Sx	= 424 cm ³
Sy	= 59,3 cm ³	Zx	= 455 cm ³
Zy	= 91 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 256 mm
Lp	= 163,77 cm	lr	= 458,42 cm
Bahan :			
Fy	= 2500 kg/cm ²		
L balok	= 3,6375 m		

- Beban mati
 - Profil $= \frac{32 \text{ kg/m}}{= 32 \text{ kg/m}}$
 - Sambungan (10%) = 0,1 x 32 $= \frac{3,2 \text{ kg/m} +}{= 35,2 \text{ kg/m}}$
 - Total qD $= 35,2 \text{ kg/m}$
- Beban reaksi mesin
P1 $= 9701 \text{ kg}$
- Beban berfaktor
qu = 1,4 qD
 $= 1,4 \times 35,2 = 49,28 \text{ kg/m}$
Pu = 9701 kg



Gambar 4.7 Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Gaya dalam pada balok

$$R_a = R_b = V_u$$

$$= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \times 49,28 \times 3,63 + \frac{1}{2} 9701 = 4940,13 \text{ kg}$$

Mu (tengah bentang)

$$= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L = \frac{1}{8} \times 49,28 \times 3,63^2 + \frac{1}{4} \times 9701 \times 3,63 = 8903,35 \text{ kgm}$$

Mu (1/4 bentang)

$$= R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$$

$$= 4940,13 \times \frac{1}{4} 3,63 - 0,5 \times 49,28 \left(\frac{1}{4} 3,63\right)^2 = 4472,05 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,31$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 46,54$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 455 \times 2500$$

$$= 1137500 \text{ kgcm} = 11375 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$8903,35 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 11375 = 10237,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 363,75 \text{ cm}$$

$$L_p = 163,77 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 458,42 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 8903,35}{2,5 \times 8903,35 + 3 \times 4472,05 + 4 \times 8903,35 + 3 \times 4472,05}$$

$$= 1,314$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,314 \left[11375 - \left(11375 - 0,7 \times 2500 \times 424 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{363,75 - 163,77}{458,42 - 163,77} \right) \right]$$

$$= 11418,7 \text{ kgm} < 11375 \text{ kgm (NOT OK!)}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$8903,35 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 11375 = 10237,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 46,54$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\text{Sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 29,8 \times 0,55 \times 1$$

$$= 24585 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$4940,13 \text{ kg} \leq 1 \times 24585 \text{ kg} = 24585 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 363,75/360 = 1,01 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi } (f_o),$$

$$f_o = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \cdot \frac{P_1 / \psi \times L^3}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,352 + 0) \times 363,75^4}{2000000 \times 6320} \right) + \left(\frac{1}{48} \cdot \frac{9701/1,78 \times 363,75^3}{2000000 \times 6320} \right) = 0,44 \text{ cm}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

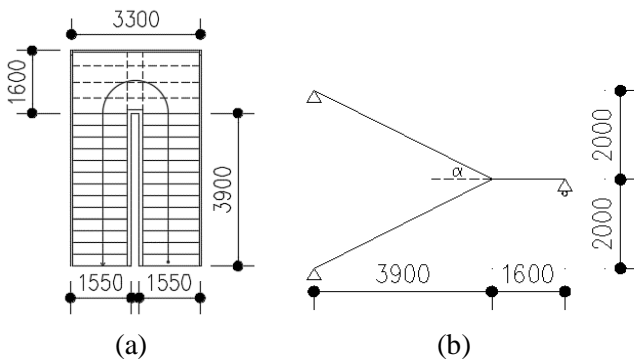
$$0,44 \text{ cm} < 1,01 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 300 x 150 x 5,5 x 8 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift.

4.1.4. Perencanaan tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal lantai yang memiliki elevasi berbeda. Pada perencanaan ini, tangga menggunakan konstruksi dari baja dengan data teknis seperti berikut:

f'_c	= 30 MPa	f_y	= 410 MPa
h lantai	= 400 cm	h bordes	= 200 cm
tinggi injakan (t)	= 15,3 cm	lebar bordes	= 160 cm
lebar injakan (i)	= 30 cm	panjang bordes	= 330 cm
jumlah tanjakan	= 13	panjang tangga	= 390 cm
jumlah injakan	= 12	lebar tangga	= 155 cm
sudut kemiringan (α)	= $\arctan (200/390) = 27,15^\circ$		
$(2t+i)$	$= 60,6 \rightarrow 60 \leq (2t+i) \leq 65 \text{ (OK!)}$		



Gambar 4.8 (a) Denah Tangga, (b) Model Tangga

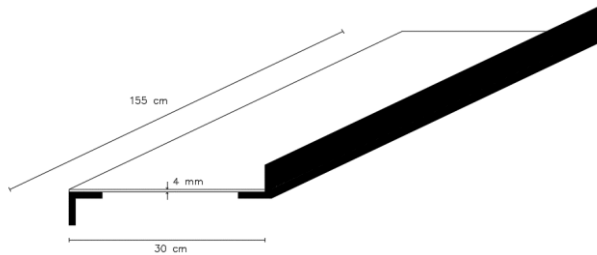
4.1.4.1. Perencanaan pelat anak tangga

Pelat anak tangga direncanakan dengan data sebagai berikut:

tebal pelat	= 4 mm	f_y	= 2500 kg/cm ²
-------------	--------	-------	---------------------------

berat jenis baja = 7850 kg/m^3

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4.9 Pelat Anak Tangga

- **Beban mati**
 - Pelat = $0,004 \times 7850 \times 1,55 = 48,67 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) = $0,1 \times 48,67 = 4,86 \text{ kg/m}$
 - Total qD = $53,54 \text{ kg/m}$
- **Beban hidup**
 - Tangga (479 kg/m^2) = $479 \times 1,55 = 742,45 \text{ kg/m}$
 - Orang = 100 kg
- **Beban berfaktor**
 - $q_u = 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL}$
 - $= 1,2 \times 53,54 + 1,6 \times 742,45 = 1252,16 \text{ kg/m}$
 - $P_u = 1,6 \text{ pL}$
 - $= 1,6 \times 100 = 160 \text{ kg}$
- **Gaya dalam yang terjadi**
 - Mu akibat q_u

$$= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1252,16 \times 0,3^2 = 14,09 \text{ kgm (menentukan!)}$$
 - Mu akibat P_u

$$= \frac{1}{8} \times 1,2 \times qD \times L^2 + P_u \times \frac{1}{4} L$$

$$= \frac{1}{8} \times 1,2 \times 53,54 \times 0,3^2 + 160 \times \frac{1}{4} \times 0,3 = 12,72 \text{ kgm}$$
- **Kontrol momen lentur**
 - $Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 155 \times 0,4^2 = 6,2 \text{ cm}^3$
 - $M_n = Z_x \cdot f_y$

$$= 6,2 \times 2500$$

$$= 15500 \text{ kgcm} = 155 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$14,09 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 155 = 139,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 30/360 = 0,083 \text{ cm}$$

$$I_x = 1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times 155 \times 0,4^3 = 0,8267 \text{ cm}^4$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,535 + 7,959) \times 30^4}{2000000 \times 0,8267} \right) = 0,054 \text{ cm} \end{aligned}$$

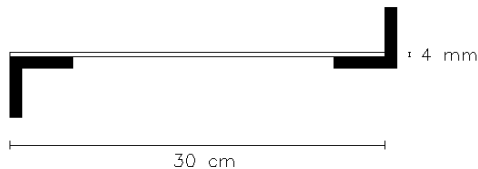
$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,054 \text{ cm} < 0,083 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga pelat dengan tebal 4mm dapat digunakan sebagai pelat anak tangga.

4.1.4.2. Perencanaan penyangga pelat injak

Penyangga pelat injak direncanakan dengan panjang 1,55 m. Potongan melintang penyangga pelat injak dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Penyangga Pelat Injak

Penyangga pelat injak direncanakan dengan profil siku 50x50x9, dengan data sebagai berikut:

$$W = 6,74 \text{ kg/m}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$r = 7 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = 17,9 \text{ cm}^4$$

$$A = 8,24 \text{ cm}^2$$

$$t_w = d = 9 \text{ mm}$$

$$i_x = i_y = 1,47 \text{ cm}$$

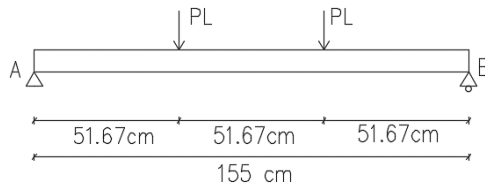
$$e = 1,56 \text{ cm}$$

Bahan :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$L \text{ profil} = 1,55 \text{ m}$$

- Beban mati (1/2 lebar injakan)
 - Profil siku $= 6,74 \text{ kg/m}$
 - Pelat $= 0,004 \times 7850 \times 0,3/2 = 4,71 \text{ kg/m} + 11,45 \text{ kg/m} = 1,14 \text{ kg/m} + 12,59 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) $= 0,1 \times 11,45 = 1,14 \text{ kg/m}$
 - Total qD $= 12,59 \text{ kg/m}$
- Beban hidup (1/2 lebar injakan)
 - Tangga $(479 \text{ kg/m}^2) = 479 \times 0,3/2 = 71,85 \text{ kg/m}$
 - Orang $= 100 \text{ kg}$
- Gaya dalam yang terjadi



Gambar 4.11 Pembebanan pada Pelat Penyangga

Md akibat qD

$$= \frac{1}{8} \times qD \times L^2 = \frac{1}{8} \times 12,59 \times 1,55^2 = 3,78 \text{ kgm}$$

Ml akibat beban orang

$$= \frac{1}{3} \times Pl \times L = \frac{1}{3} \times 100 \times 1,55 = 51,67 \text{ kgm (menentukan!)}$$

Ml akibat beban tangga

$$= \frac{1}{8} \times qL \times L^2 = \frac{1}{8} \times 71,85 \times 1,55^2 = 21,58 \text{ kgm}$$

Vd akibat qD

$$= \frac{1}{2} \times qD \times L = \frac{1}{2} \times 12,59 \times 1,55 = 9,76 \text{ kg}$$

Vl akibat beban orang

$$= \frac{1}{2} \times 2Pl = \frac{1}{2} \times 100 \times 2 = 100 \text{ kg}$$

$$Mu = 1,2 Md + 1,6 Ml$$

$$= 1,2 \times 3,78 + 1,6 \times 51,67 = 87,21 \text{ kgm}$$

$$V_u = 1,2 V_d + 1,6 V_l$$

$$= 1,2 \times 9,76 + 1,6 \times 100 = 171,71 \text{ kg}$$

- Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \times d) \times \frac{1}{2} d + (t_w(b-t_w)) \times \frac{1}{2} t_w \\ &= (0,9 \times 5) \times \frac{1}{2} 5 + (0,9(5-0,9)) \times \frac{1}{2} 0,9 = 12,91 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 12,91 \times 2500$$

$$= 32275 \text{ kgcm} = 322,75 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$87,21 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 322,75 = 290,47 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 155/360 = 0,43 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi } (f_o),$$

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) + \left(\frac{23}{648} \cdot \frac{P_l \times L^3}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,1259 + 0) \times 155^4}{2000000 \times 17,9} \right) + \left(\frac{23}{648} \cdot \frac{100 \times 155^3}{2000000 \times 17,9} \right) = 0,395 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,395 \text{ cm} < 0,43 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil siku 50x50x9 dapat digunakan sebagai penyangga pelat injak.

4.1.4.3. Perencanaan pelat bordes

Pelat bordes direncanakan dengan data sebagai berikut:

$$\text{tebal pelat} = 5 \text{ mm}$$

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

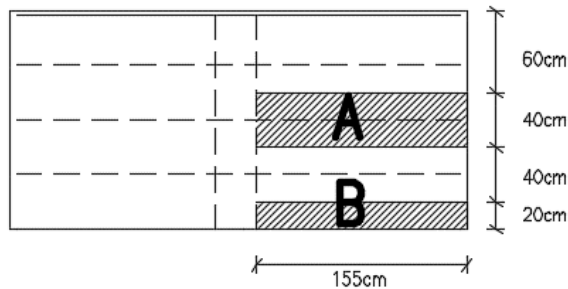
$$\text{berat jenis baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{lebar bordes} = 160 \text{ cm}$$

$$\text{lebar tangga} = 155 \text{ cm}$$

$$\text{jarak antar balok bordes} = 40 \text{ cm}$$



Gambar 4.12 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

- **Beban mati**
 - Pelat = $0,005 \times 7850 \times 1,55 = 60,84 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) = $0,1 \times 60,84 = 6,08 \text{ kg/m}$
 - Total qD = $66,92 \text{ kg/m}$
- **Beban hidup**
Tangga (479 kg/m^2) = $479 \times 1,55 = 742,45 \text{ kg/m}$
- **Beban berfaktor**
qu = $1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL}$
= $1,2 \times 66,92 + 1,6 \times 742,45 = 1268,23 \text{ kg/m}$
- **Gaya dalam yang terjadi**
Mu (tengah bentang)
= $\frac{1}{8} \times \text{qu} \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1268,23 \times 0,4^2 = 25,36 \text{ kgm}$
- **Kontrol momen lentur**
 $Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 155 \times 0,5^2 = 9,69 \text{ cm}^3$
Mn = $Z_x \cdot f_y$
= $9,69 \times 2500$
= $24218,75 \text{ kgcm} = 242,18 \text{ kgm}$
Mu $\leq \phi \text{ Mn}$
 $25,36 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 242,18 = 217,97 \text{ kgm}$ (OK!)
- **Kontrol lendutan**
Lendutan ijin (f_{ijin}) = $L/360 = 40/360 = 0,111 \text{ cm}$
Ix = $1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times 155 \times 0,5^3 = 1,615 \text{ cm}^4$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$f_o = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,669 + 7,424) \times 40^4}{2000000 \times 1,615} \right) = 0,0835 \text{ cm}$$

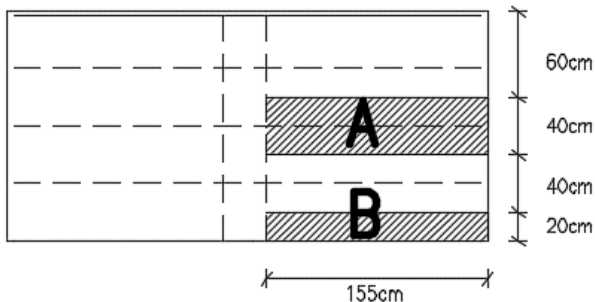
$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,0835 \text{ cm} < 0,111 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga pelat dengan tebal 5mm dapat digunakan sebagai pelat bordes.

4.1.4.4. Perencanaan balok bordes tangga A

Balok bordes tangga A direncanakan dengan panjang 1,55 m. Balok bordes tangga A yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Balok Bordes Tangga A

Balok bordes A direncanakan dengan profil WF 100x50x5x7, dengan data sebagai berikut:

W	= 9,3 kg/m	A	= 11,85 cm ²
bf	= 50 mm	d	= 100 mm
tf	= 7 mm	tw	= 5 mm
r	= 8 mm	ix	= 3,98 cm
iy	= 1,12 cm	Ix	= 187 cm ⁴
Iy	= 14,8 cm ⁴	Sx	= 37,5 cm ³
Sy	= 5,91 cm ³	Zx	= 42 cm ³

$$Z_y = 9 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(tf + r)$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$L_p = 55,75 \text{ cm}$$

$$l_r = 286,93 \text{ cm}$$

Bahan :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$L \text{ balok} = 1,55 \text{ m}$$

$$L \text{ bentang} = 0,4 \text{ m}$$

- Beban mati

$$- \text{ Pelat} = 0,005 \times 0,4 \times 7850 = 15,7 \text{ kg/m}$$

$$- \text{ Profil} = \underline{9,3 \text{ kg/m} +}$$

$$= 25,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{ Sambungan (10\%)} = 0,1 \times 25 = \underline{2,5 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{Total } q_D = 27,5 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Tangga (479 kg/m}^2\text{)} = 479 \times 0,4 = 191,6 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 27,5 + 1,6 \times 191,6 = 339,56 \text{ kg/m}$$

- Gaya dalam pada balok

$$R_a = R_b = V_u$$

$$= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 339,56 \times 1,55 = 263,16 \text{ kg}$$

Mu (tengah bentang)

$$= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 339,56 \times 1,55^2 = 101,97 \text{ kgm}$$

Mu (1/4 bentang)

$$= R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$$

$$= 263,16 \times \frac{1}{4} \times 1,55 - 0,5 \times 339,56 \left(\frac{1}{4} \times 1,55\right)^2 = 76,48 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{b_f}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 42 \times 2500$$

$$= 105000 \text{ kgcm} = 1050 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$101,97 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1050 = 945 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 155 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 101,97}{2,5 \times 101,97 + 3 \times 76,48 + 4 \times 101,97 + 3 \times 76,48}$$

$$= 1,136$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,136 \left[1050 - \left(1050 - 0,7 \times 2500 \times 37,5 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{155 - 55,754}{286,93 - 55,754} \right) \right]$$

$$= 1001,09 \text{ kgm} < 11375 \text{ kgm (OK!)}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$101,97 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1001,09 = 900,981 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1 \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$263,16 \text{ kg} \leq 1 \times 7500 \text{ kg} = 7500 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin (f}_{ijin}) = L/360 = 155/360 = 0,43 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,275 + 1,916) \times 155^4}{2000000 \times 187} \right) = 0,044 \text{ cm} \end{aligned}$$

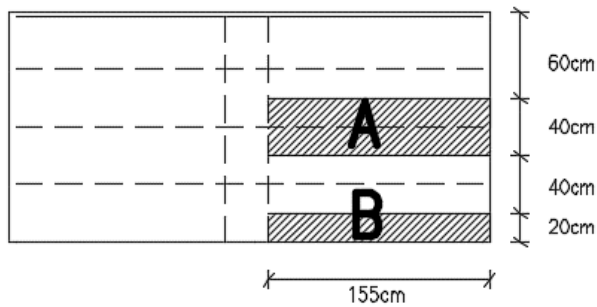
$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,044 \text{ cm} < 0,43 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes tangga A.

4.1.4.5. Perencanaan balok bordes tangga B

Balok bordes tangga B direncanakan dengan panjang 1,55 m. Balok bordes tangga B yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Balok Bordes Tangga B

Balok bordes B direncanakan dengan profil WF 100x50x5x7, dengan data sebagai berikut:

W	= 9,3 kg/m	A	= 11,85 cm ²
bf	= 50 mm	d	= 100 mm
tf	= 7 mm	tw	= 5 mm
r	= 8 mm	ix	= 3,98 cm
iy	= 1,12 cm	Ix	= 187 cm ⁴
Iy	= 14,8 cm ⁴	Sx	= 37,5 cm ³
Sy	= 5,91 cm ³	Zx	= 42 cm ³
Zy	= 9 cm ³	h	= d – 2(tf+r)
			= 70 mm
Lp	= 55,75 cm	lr	= 286,93 cm

Bahan :

fy	= 2500 kg/cm ²
L balok	= 1,55 m
L bentang	= 0,2 m

- Beban mati

- Pelat = 0,005 x 0,2 x 7850	= 7,85 kg/m
- Profil	= <u>9,30 kg/m</u> +
	= 17,15 kg/m
- Sambungan (10%) = 0,1 x 17,15	= <u>1,715 kg/m</u> +
Total qD	= 18,87 kg/m

- Beban hidup
Tangga (479 kg/m^2) = $479 \times 0,2$ = $95,8 \text{ kg/m}$
 - Beban berfaktor
 $q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$
= $1,2 \times 18,87 + 1,6 \times 95,8 = 175,92 \text{ kg/m}$
 - Gaya dalam pada balok
 $R_a = R_b = V_u$
= $\frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 175,92 \times 1,55 = 136,34 \text{ kg}$
Mu (tengah bentang)
= $\frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 175,92 \times 1,55^2 = 52,83 \text{ kgm}$
Mu (1/4 bentang)
= $R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$
= $136,34 \times \frac{1}{4} \times 1,55 - 0,5 \times 175,92 \left(\frac{1}{4} \times 1,55\right)^2 = 39,63 \text{ kgm}$
 - Kontrol penampang
 - Sayap
 $\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$
 $\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak
 - Badan
 $\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$
 $\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$
 $\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak
- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \cdot f_y$

$$= 42 \times 2500$$

$$= 105000 \text{ kgcm} = 1050 \text{ kgm}$$

$$\mu \leq \phi M_n$$

$$52,83 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1050 = 945 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 155 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 52,83}{2,5 \times 52,83 + 3 \times 39,63 + 4 \times 52,83 + 3 \times 39,63}$$

$$= 1,136$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,136 \left[1050 - \left(1050 - 0,7 \times 2500 \times 37,5 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{155 - 55,754}{286,93 - 55,754} \right) \right]$$

$$= 1001,09 \text{ kgm} < 11375 \text{ kgm (OK!)}$$

$$\mu \leq \phi M_n$$

$$52,83 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1001,09 = 900,981 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\text{Sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1$$

$$= 7500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$136,34 \text{ kg} \leq 1 \times 7500 \text{ kg} = 7500 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

Lendutan ijin (f_{ijin}) = $L/360 = 155/360 = 0,43$ cm

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$f_o = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,1887 + 0,958) \times 155^4}{2000000 \times 187} \right) = 0,023 \text{ cm}$$

$f_o < f_{ijin}$

0,023 cm < 0,43 cm (OK!)

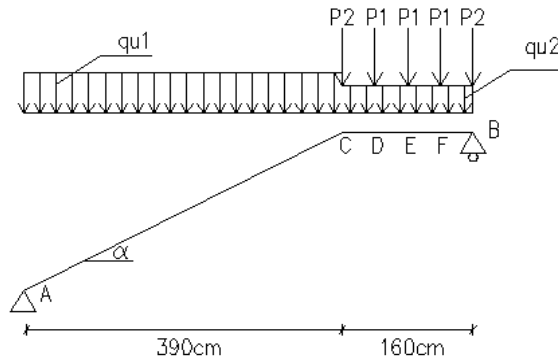
Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes tangga B.

4.1.4.6. Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak diatas dua tumpuan sederhana dengan beban yang dipikul berasal dari beban merata profil, balok bordes, dan anak tangga.

Balok utama tangga direncanakan dengan profil WF 250x125x5x8, dengan data sebagai berikut:

W	= 25,7 kg/m	A	= 32,68 cm ²
bf	= 124 mm	d	= 248 mm
tf	= 8 mm	tw	= 5 mm
r	= 12 mm	ix	= 10,4 cm
iy	= 2,79 cm	Ix	= 3540 cm ⁴
Iy	= 255 cm ⁴	Sx	= 285 cm ³
Sy	= 41,1 cm ³	Zx	= 305 cm ³
Zy	= 63 cm ³	h	= d – 2(tf+r)
			= 208 mm
Lp	= 138,88 cm	lr	= 404,55 cm



Gambar 4.15 Pembebanan pada Balok Utama Tangga

- Beban mati

qD1

- Pelat = $0,004 \times 7850 \times 1,55/2 = 24,34 \text{ kg/m}$
- Profil siku = $2 \times 6,74 / 0,3 \times 1,55/2 = 34,82 \text{ kg/m}$
- Hand rail = $20,00 \text{ kg/m}$
- Profil = $25,7 / \cos(27,15^\circ) = 28,88 \text{ kg/m} +$
 $= 108,04 \text{ kg/m}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 108,04 = 10,80 \text{ kg/m} +$
 $= 118,84 \text{ kg/m}$

qD2

- Hand rail = $20,00 \text{ kg/m}$
- Profil = $25,70 \text{ kg/m} +$
 $= 45,7 \text{ kg/m}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 45,7 = 4,57 \text{ kg/m} +$
 $= 50,27 \text{ kg/m}$

- Beban hidup

$$qL1 = qL2$$

$$\text{Tangga } (479 \text{ kg/m}^2) = 479 \times 1,55/2 = 371,22 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

$$qu1 = 1,2 qD1 + 1,6 qL1$$

$$= 1,2 \times 118,84 + 1,6 \times 371,22 = 736,57 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{u2} &= 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2} \\ &= 1,2 \times 50,27 + 1,6 \times 371,22 = 654,28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 \text{ (beban dari balok bordes tangga A)} \\ &= 0,5 \times q_u \times 1,55 + 0,5 \times q_u \times 0,2 \\ &= 0,5 \times 339,56 \times 1,55 + 0,5 \times 339,56 \times 0,2 \\ &= 297,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 \text{ (beban dari balok bordes tangga B)} \\ &= 0,5 \times q_u \times 1,55 + 0,5 \times q_u \times 0,2 \\ &= 0,5 \times 175,92 \times 1,55 + 0,5 \times 175,92 \times 0,2 \\ &= 153,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya dalam pada balok

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{q_{u1} \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} + 1,6 \right) + q_{u2} \times 1,6 \times \frac{1,6}{2} + P2 \times 1,6 + P1 (1,2 + 0,8 + 0,4)}{(3,9 + 1,6)} \\ R_A &= \frac{736,57 \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} + 1,6 \right) + 654,28 \times 1,6 \times \frac{1,6}{2} + 153,93 \times 1,6 + 297,12 (1,2 + 0,8 + 0,4)}{(3,9 + 1,6)} \\ &= 2180,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{q_{u1} \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} \right) + q_{u2} \times 1,6 \times \left(\frac{1,6}{2} + 3,9 \right) + P2 \times 3,9 (1,6 + 1) + P1 \times 3,9 (1,2 + 0,8 + 0,4)}{(3,9 + 1,6)} \\ R_B &= \frac{736,57 \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} \right) + 654,28 \times 1,6 \times \left(\frac{1,6}{2} + 3,9 \right) + 153,93 \times 3,9 (1,6 + 1) + 297,12 \times 3,9 (1,2 + 0,8 + 0,4)}{(3,9 + 1,6)} \\ &= 2937,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$\begin{aligned} R_A + R_B - P1 \times 3 - P2 \times 2 - q_{u1} \times 3,9 - q_{u2} \times 1,6 &= 0 \\ 2937,84 + 2180,86 - 297,12 \times 3 - 153,93 \times 2 - 736,57 \times 3,9 - \\ 654,28 \times 1,6 &= 0 \rightarrow (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Bidang M

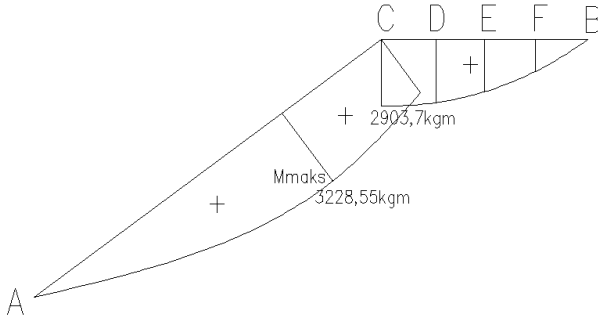
$$\text{Letak } M_{\max} = R_A / q_{u1} = 2180,86 / 736,57 = 2,96 \text{ m (dari A)}$$

$$M_{\max} = R_A \times L - \frac{1}{2} \times q_{u1} \times L^2$$

$$= 2180,86 \times 2,96 - \frac{1}{2} \times 736,57 \times 2,96^2 = 3228,55 \text{ kgm}$$

$$M_C = R_A \times L - \frac{1}{2} \times q \times L^2$$

$$= 2180,86 \times 3,9 - \frac{1}{2} \times 736,57 \times 3,9^2 = 2903,7 \text{ kgm}$$



Gambar 4.16 Bidang Momen

Bidang D

$$D_{A \text{ ka}} = R_A \times \cos(27,15^\circ)$$

$$= 2180,86 \times \cos(27,15^\circ) = 1940,56 \text{ kg}$$

$$D_{C \text{ ki}} = D_{A \text{ ka}} - q \times l \times \cos(27,15^\circ) \times 3,9$$

$$= 1940,56 - 736,57 \times \cos(27,15^\circ) \times 3,9 = -616,56 \text{ kg}$$

$$D_{C \text{ ka}} = R_A - q \times l \times 3,9 - P_2$$

$$= 2180,86 - 736,57 \times 3,9 - 153,93 = -845,71 \text{ kg}$$

$$D_{D \text{ ki}} = D_{C \text{ ka}} - q \times 2 \times 0,4$$

$$= -845,71 - 654,28 \times 0,4 = -1107,42 \text{ kg}$$

$$D_{D \text{ ka}} = D_{D \text{ ki}} - P_1$$

$$= -1107,42 - 297,12 = -1404,54 \text{ kg}$$

$$D_{E \text{ ki}} = D_{D \text{ ka}} - q \times 2 \times 0,4$$

$$= -1404,54 - 654,28 \times 0,4 = -1666,25 \text{ kg}$$

$$D_{E \text{ ka}} = D_{E \text{ ki}} - P_1$$

$$= -1666,25 - 297,12 = -1963,37 \text{ kg}$$

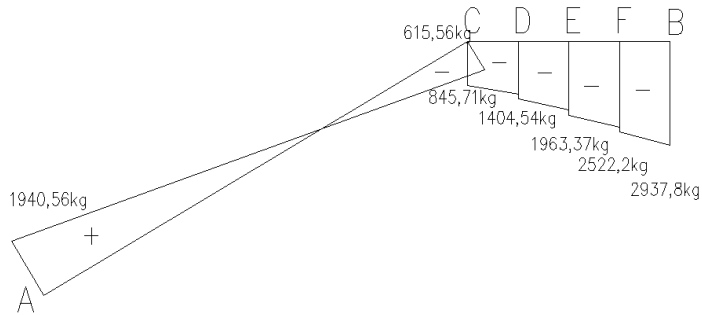
$$D_{F \text{ ki}} = D_{E \text{ ka}} - q \times 2 \times 0,4$$

$$= -1963,37 - 654,28 \times 0,4 = -2225,08 \text{ kg}$$

$$D_{F \text{ ka}} = D_{F \text{ ki}} - P_1$$

$$= -2225,08 - 297,12 = -2522,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 D_{B\text{ ki}} &= D_{F\text{ ka}} - q u_2 \times 0,4 - P_2 \\
 &= -2522,2 - 654,28 \times 0,4 - 153,93 = -2937,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Bidang Geser

$$V_u = 2937,84 \text{ kg}$$

$$M_u = 3228,55 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 305 \times 2500$$

$$= 762500 \text{ kgcm} = 7625 \text{ kgm}$$

$$Mu \leq \phi Mn$$

$$3228,55 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{15,3^2 + 30^2} = 33,67 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 305 \times 2500$$

$$= 762500 \text{ kgcm} = 7625 \text{ kgm}$$

$$Mu \leq \phi Mn$$

$$3228,55 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 24,8 \times 0,5 \times 1$$

$$= 18600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$2937,84 \text{ kg} \leq 1 \times 18600 \text{ kg} = 18600 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = \sqrt{3,9^2 + 2^2} = 4,383 \text{ m}$$

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 438,3/360 = 1,22 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned}
 f_o &= \left(\frac{5}{48} \cdot \frac{(M_{\text{maks}} - 0,1(M_C + M_A)) \cdot L^2}{E \times I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{48} \cdot \frac{(3228,55 \times 100 - 0,1(2903,7 \times 100 + 0)) \cdot 438,3^2}{2000000 \times 3540} \right) = 0,83 \text{ cm} \\
 f_o &< f_{\text{ijin}} \\
 0,83 \text{ cm} &< 1,22 \text{ cm (OK!)}
 \end{aligned}$$

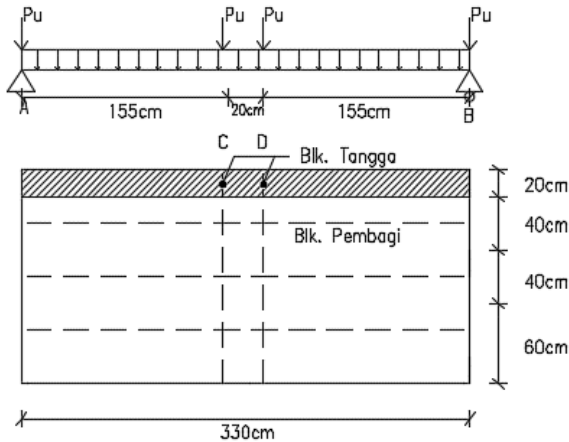
Sehingga profil WF 250x125x5x8 dapat digunakan sebagai balok utama tangga.

4.1.4.7. Perencanaan balok penumpu tangga

Balok penumpu tangga dianalisa dengan anggapan terletak diatas dua tumpuan sederhana dengan beban yang dipikul berasal dari beban merata profil dan reaksi balok utama tangga yang menjadi beban terpusat.

Balok penumpu tangga direncanakan dengan profil WF 250x125x5x8, dengan data sebagai berikut:

W	= 25,7 kg/m	A	= 32,68 cm ²
bf	= 124 mm	d	= 248 mm
tf	= 8 mm	tw	= 5 mm
r	= 12 mm	ix	= 10,4 cm
iy	= 2,79 cm	Ix	= 3540 cm ⁴
Iy	= 255 cm ⁴	Sx	= 285 cm ³
Sy	= 41,1 cm ³	Zx	= 305 cm ³
Zy	= 63 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 208 mm
Lp	= 138,88 cm	lr	= 404,55 cm
L balok = 3,3 m			



Gambar 4.18 Pembebanan pada Balok Penumpu Tangga

- Beban mati
 - Profil $= 25,7 \text{ kg/m} + 25,7 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) $= 0,1 \times 25,7 = 2,57 \text{ kg/m} +$
 - Total qD1 $= 28,27 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor
 - $q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$
 - $= 1,2 \times 28,27 + 1,6 \times 0 = 33,92 \text{ kg/m}$
 - $P_u = 2937,84 \text{ kg}$ (dari reaksi R_B balok utama tangga)
- Gaya dalam pada balok
 - $R_a = R_b$
 - $= \frac{1}{2} \times q_u \times L + 4 \times P_u \times \frac{1}{2}$
 - $= \frac{1}{2} \times 33,92 \times 3,3 + 4 \times 2937,84 \times \frac{1}{2} = 5931,65 \text{ kg}$
 - Mu (tengah bentang)
 - $= R_A \times \frac{1}{2} L - \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 - P_u(L_1 + L_2)$
 - $= 5931,65 \times \frac{1}{2} \times 3,3 - \frac{1}{8} \times 33,92 \times 3,3^2 - 2937,84(0,1 + 1,65)$
 - $= 4599,83 \text{ kgm}$

V_u

$$= R_a - P_u$$

$$= 5931,65 - 2937,84 = 2993,81 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 305 \times 2500$$

$$= 762500 \text{ kgcm} = 7625 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$4599,83 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 305 \times 2500$$

$$= 762500 \text{ kgcm} = 7625 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$4599,83 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,8 \times 0,5 \times 1 \\ &= 18600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$2993,81 \text{ kg} \leq 1 \times 18600 \text{ kg} = 18600 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 330/360 = 0,917 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) + \left(\frac{1}{24} \cdot \frac{Pa \times (3L^2 - 4a^2)}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,283 + 0) \times 330^4}{2000000 \times 3540} \right) + \left(\frac{1}{24} \cdot \frac{2937,84 \times 155 \times (3 \times 330^2 - 4 \times 155^2)}{2000000 \times 3540} \right) \\ &= 0,624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

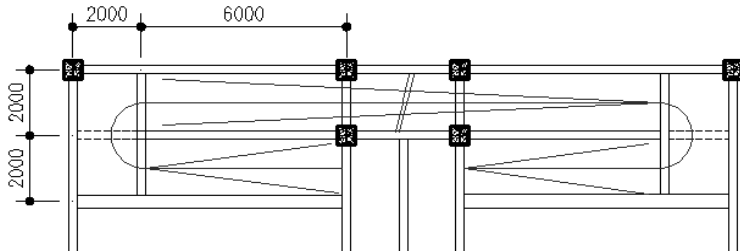
$$0,624 \text{ cm} < 0,917 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 250x125x5x8 dapat digunakan sebagai balok penumpu tangga.

4.1.5. Perencanaan ramp

Ramp adalah sebuah lantai yang sengaja dibuat miring sebagai pengganti tangga. Ramp merupakan alternatif rute atau jalan bagi penyandang disabilitas dan orang-orang lain yang tidak bisa menggunakan tangga sehingga lebih mudah untuk naik ke

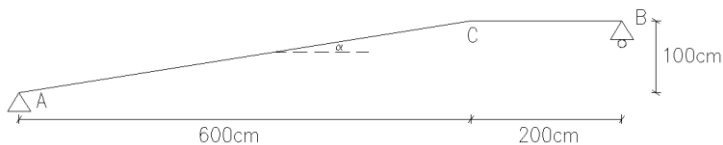
tingkat yang lebih tinggi. Denah ramp dapat dilihat pada Gambar 4.19



Gambar 4.19 Denah Ramp

Pada perencanaan ini, ramp menggunakan konstruksi dari baja dengan data teknis seperti berikut:

f'_c	= 30 MPa	f_y	= 410 MPa
h lantai	= 400 cm	h bordes	= 100 cm
lebar bordes	= 200 cm	panjang bordes	= 400 cm
panjang ramp	= 600 cm	lebar ramp	= 190 cm
sudut kemiringan (α) = $\arcsin (100/600) = 9,46^\circ$			



Gambar 4.20 Model Ramp

4.1.5.1. Perencanaan pelat lantai ramp

Pada perencanaan pelat lantai ramp, dihitung pelat lantai yang memiliki bentang 2 meter.

Perhitungan beban berguna (*superimposed load*)

- Beban hidup
 - Tangga (q_L) = 479 kg/m²
- Beban finishing
 - Keramik (1cm) = 24 kg/m²
 - Adukan semen (1cm) = 21 kg/m²

- MEP $\quad \quad \quad = \frac{25 \text{ kg/m}^2}{\text{Total}} +$
 $\quad \quad \quad = 70 \text{ kg/m}^2$
- Beban berguna (*superimposed load*) : beban hidup + beban finishing
 $479 + 70 = 549 \text{ kg/m}^2$, dipakai 600 kg/m^2 pada tabel perencanaan praktis.

Perhitungan tebal pelat

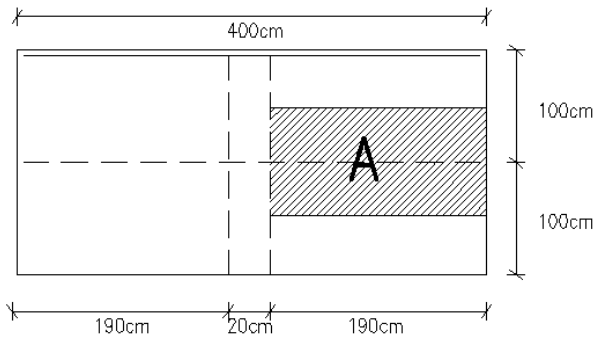
Kebutuhan tebal pelat pada pelat lantai ramp direncanakan berdasarkan tabel perencanaan praktis yang terdapat pada brosur.

- Beban berguna $\quad \quad \quad = 600 \text{ kg/m}^2$
- Bentang $\quad \quad \quad = 2 \text{ m}$, (tanpa penyangga, bentang tunggal tanpa tulangan negatif)

Diperoleh data tebal pelat = 9 cm

4.1.5.2. Perencanaan balok bordes ramp A

Balok bordes ramp A direncanakan dengan panjang 1,9 m. Balok bordes ramp A yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Balok Bordes Ramp A

Balok bordes ramp A direncanakan dengan profil WF 100x50x5x7, dengan data sebagai berikut:

$$W = 9,3 \text{ kg/m} \quad \quad \quad A = 11,85 \text{ cm}^2$$

bf	= 50 mm	d	= 100 mm
tf	= 7 mm	tw	= 5 mm
r	= 8 mm	ix	= 3,98 cm
iy	= 1,12 cm	Ix	= 187 cm ⁴
Iy	= 14,8 cm ⁴	Sx	= 37,5 cm ³
Sy	= 5,91 cm ³	Zx	= 42 cm ³
Zy	= 9 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 70 mm
Lp	= 55,75 cm	lr	= 286,93 cm

Bahan :

fy = 2500 kg/cm²

L balok = 1,9 m

L bentang = 1 m

Tebal pelat beton = 0,09 m

- Beban mati
 - Pelat bondek = 10,1 x 1 = 10,1 kg/m
 - Pelat beton = 0,09 x 2400 x 1 = 216 kg/m
 - Profil = 9,3 kg/m +
= 235,4 kg/m
 - Sambungan (10%) = 0,1 x 235,4 = 23,54 kg/m +
= 258,94 kg/m

Total qD
- Beban hidup

Tangga (479 kg/m²) = 479 x 1 = 479 kg/m
- Beban berfaktor

qu = 1,2 qD + 1,6 qL
= 1,2 x 258,94 + 1,6 x 479 = 1077,13 kg/m
- Gaya dalam pada balok

Ra = Rb = Vu
= $\frac{1}{2} \times qu \times L = \frac{1}{2} \times 1077,13 \times 1,9 = 1023,27$ kg

Mu (tengah bentang)
= $\frac{1}{8} \times qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1077,13 \times 1,9^2 = 486,05$ kgm

Mu (1/4 bentang)

$$= Ra \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times qu \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$$

$$= 1023,27 \times \frac{1}{4} 1,9 - 0,5 \times 1077,13 \left(\frac{1}{4} 1,9\right)^2 = 364,541 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 42 \times 2500$$

$$= 105000 \text{ kgcm} = 1050 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$486,05 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1050 = 945 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 190 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$= \frac{12,5 \times 486,05}{2,5 \times 486,05 + 3 \times 364,54 + 4 \times 486,05 + 3 \times 364,54}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,136 \\
 M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p \\
 &= 1,136 \left[1050 - \left(1050 - 0,7 \times 2500 \times 37,5 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{190 - 55,754}{286,93 - 55,754} \right) \right] \\
 &= 933,35 \text{ kgm} < 1050 \text{ kgm (OK!)}
 \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$486,05 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 933,35 = 840,01 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1 \\
 &= 7500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$1023,27 \text{ kg} \leq 1 \times 7500 \text{ kg} = 7500 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 190/360 = 0,53 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned}
 f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(2,589 + 4,79) \times 190^4}{2000000 \times 187} \right) = 0,335 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

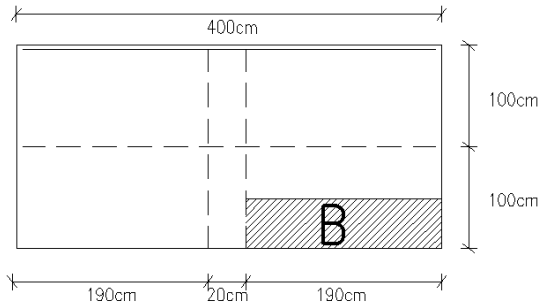
$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,335 \text{ cm} < 0,53 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes ramp A.

4.1.5.3. Perencanaan balok bordes ramp B

Balok bordes ramp B direncanakan dengan panjang 1,9 m. Balok bordes ramp B yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Balok Bordes Ramp B

Balok bordes ramp B direncanakan dengan profil WF 100x50x5x7, dengan data sebagai berikut:

W	= 9,3 kg/m	A	= 11,85 cm ²
bf	= 50 mm	d	= 100 mm
tf	= 7 mm	tw	= 5 mm
r	= 8 mm	ix	= 3,98 cm
iy	= 1,12 cm	Ix	= 187 cm ⁴
Iy	= 14,8 cm ⁴	Sx	= 37,5 cm ³
Sy	= 5,91 cm ³	Zx	= 42 cm ³
Zy	= 9 cm ³	h	= d – 2(tf+r)
			= 70 mm
Lp	= 55,75 cm	lr	= 286,93 cm

Bahan :

fy	= 2500 kg/cm ²
L balok	= 1,9 m
L bentang	= 0,5 m
Tebal pelat beton	= 0,09 m

- Beban mati

- Pelat bondek = $10,1 \times 0,5$ $= 5,05 \text{ kg/m}$
- Pelat beton = $0,09 \times 2400 \times 0,5$ $= 108 \text{ kg/m}$
- Profil $= 9,3 \text{ kg/m} +$
 $= 122,35 \text{ kg/m}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 122,35$ $= 12,23 \text{ kg/m} +$
 $= 134,58 \text{ kg/m}$
- Total qD
- Beban hidup
Tangga (479 kg/m^2) = $479 \times 0,5$ $= 239,5 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor
 $q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$
 $= 1,2 \times 134,58 + 1,6 \times 239,5 = 544,7 \text{ kg/m}$
- Gaya dalam pada balok
 $R_a = R_b = V_u$
 $= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 544,7 \times 1,9 = 517,47 \text{ kg}$
Mu (tengah bentang)
 $= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 544,7 \times 1,9^2 = 245,8 \text{ kgm}$
Mu ($1/4$ bentang)
 $= R_a \times \frac{1}{4} L - 0,5 \times q_u \times \left(\frac{1}{4} L\right)^2$
 $= 517,47 \times \frac{1}{4} 1,9 - 0,5 \times 544,7 \left(\frac{1}{4} 1,9\right)^2 = 184,35 \text{ kgm}$
- Kontrol penampang
 - Sayap
 $\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$
 $\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$
 - Badan
 $\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 42 \times 2500 \\ &= 105000 \text{ kgcm} = 1050 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$245,8 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1050 = 945 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 190 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 286,93 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{12,5 \times 245,8}{2,5 \times 245,8 + 3 \times 184,35 + 4 \times 245,8 + 3 \times 184,35} \\ &= 1,136 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p \\ &= 1,136 \left[1050 - \left(1050 - 0,7 \times 2500 \times 37,5 \times \frac{10^4}{10^6} \right) \left(\frac{190 - 55,754}{286,93 - 55,754} \right) \right] \\ &= 933,35 \text{ kgm} < 1050 \text{ kgm (OK!)} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$245,8 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 933,35 = 840,01 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1 \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$517,47 \text{ kg} \leq 1 \times 7500 \text{ kg} = 7500 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 190/360 = 0,53 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(1,346 + 2,395) \times 190^4}{2000000 \times 187} \right) = 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,17 \text{ cm} < 0,53 \text{ cm (OK!)}$$

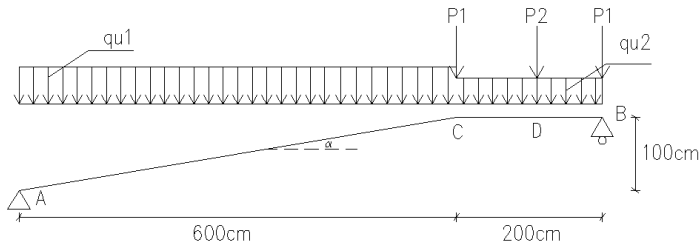
Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes ramp B.

4.1.5.4. Perencanaan balok utama ramp

Balok utama ramp dianalisa dengan anggapan terletak diatas dua tumpuan sederhana dengan beban yang dipikul berasal dari beban merata profil, balok bordes, dan lantai ramp.

Balok utama ramp direncanakan dengan profil WF 350x175x6x9, dengan data sebagai berikut:

W	= 41,4 kg/m	A	= 52,68 cm ²
bf	= 174 mm	d	= 346 mm
tf	= 9 mm	tw	= 6 mm
r	= 14 mm	ix	= 14,5 cm
iy	= 3,88 cm	Ix	= 11100 cm ⁴
Iy	= 792 cm ⁴	Sx	= 641 cm ³
Sy	= 91 cm ³	Zx	= 689 cm ³
Zy	= 139 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 300 mm
Lp	= 193,15 cm	lr	= 533,95 cm



Gambar 4.23 Pembebanan pada Balok Utama Ramp

- **Beban mati**

qD1

- Pelat bondek = $10,1/\cos(9,46^\circ) \times 1,9/2 = 9,73 \text{ kg/m}$
- Pelat beton
= $0,09 \times 2400/\cos(9,46^\circ) \times 1,9/2 = 208,03 \text{ kg/m}$
- Hand rail = $20,00 \text{ kg/m}$
- Profil = $41,4/\cos(9,46^\circ) = 41,97 \text{ kg/m} +$
= $279,70 \text{ kg/m}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 279,7 = 27,97 \text{ kg/m} +$
- Total qD1 = $307,70 \text{ kg/m}$

qD2

- Hand rail = $20,00 \text{ kg/m}$
- Profil = $41,40 \text{ kg/m} +$
= $61,40 \text{ kg/m}$
- Sambungan (10%) = $0,1 \times 61,40 = 6,14 \text{ kg/m} +$
- Total qD2 = $67,54 \text{ kg/m}$

- **Beban hidup**

qL1

Tangga = $479/\cos(9,46^\circ) \times 1,9/2 = 461,33 \text{ kg/m}$

qL2

Tangga = $479 \times 1,9/2 = 455,05 \text{ kg/m}$

- **Beban berfaktor**

$qu1 = 1,2 qD1 + 1,6 qL1$

= $1,2 \times 307,7 + 1,6 \times 461,33 = 1107,37 \text{ kg/m}$

$qu2 = 1,2 qD2 + 1,6 qL2$

= $1,2 \times 67,54 + 1,6 \times 455,05 = 809,13 \text{ kg/m}$

P1 (beban dari balok bordes ramp B)

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times q_u \times 1,9 + 0,5 \times q_u \times 0,2 \\
 &= 0,5 \times 544,7 \times 1,9 + 0,5 \times 544,7 \times 0,2 \\
 &= 571,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

P2 (beban dari balok bordes ramp A)

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times q_u \times 1,9 + 0,5 \times q_u \times 0,2 \\
 &= 0,5 \times 1077,13 \times 1,9 + 0,5 \times 1077,13 \times 0,2 \\
 &= 1130,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya dalam pada balok

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{q_u 1 \times 6 \left(\frac{6}{2} + 2 \right) + q_u 2 \times 2 \times \frac{2}{2} + P_2 \times 1 + P_1(2)}{(6+2)} \\
 &= \frac{1107,37 \times 6 \left(\frac{6}{2} + 2 \right) + 809,13 \times 2 \times \frac{2}{2} + 1130,98 \times 1 + 571,94(2)}{(6+2)} \\
 &= 4639,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{q_u 1 \times 6 \left(\frac{6}{2} \right) + q_u 2 \times 2 \times \left(\frac{2}{2} + 6 \right) + P_2(1+6) + P_1(2+6+6)}{(6+2)} \\
 &= \frac{1107,37 \times 6 \left(\frac{6}{2} \right) + 809,13 \times 2 \times \left(\frac{2}{2} + 6 \right) + 1130,98(1+6) + 571,94(2+6+6)}{(6+2)} \\
 &= 5898,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$R_A + R_B - P_1 \times 2 - P_2 - q_u 1 \times 6 - q_u 2 \times 2 = 0$$

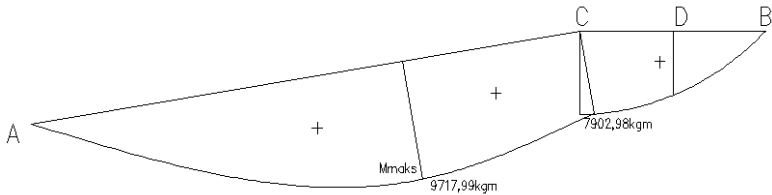
$$4639,26 + 5898,05 - 571,94 \times 2 - 1130,98 - 1107,37 \times 6 - 809,13 \times 2 = 0 \rightarrow (\text{OK!})$$

Bidang M

$$\text{Letak } M_{\max} = R_A / q_u 1 = 4639,26 / 1107,37 = 4,19 \text{ m (dari A)}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_A \times L - \frac{1}{2} \times q_u 1 \times L^2 \\
 &= 4639,26 \times 4,19 - \frac{1}{2} \times 1107,37 \times 4,19^2 = 9717,99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

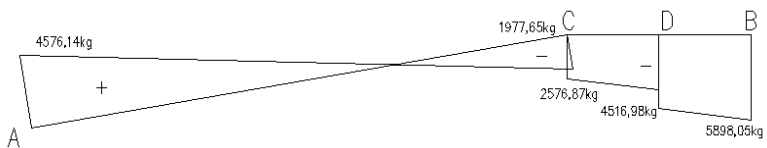
$$\begin{aligned}
 M_C &= R_A \times L - \frac{1}{2} \times q u_1 \times L^2 \\
 &= 4639,26 \times 6 - \frac{1}{2} \times 1107,37 \times 6^2 = 7902,98 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.24 Bidang Momen

Bidang D

$$\begin{aligned}
 D_{A \text{ ka}} &= R_A \times \cos(9,46^\circ) \\
 &= 4639,26 \times \cos(9,46^\circ) = 4576,14 \text{ kg} \\
 D_{C \text{ ki}} &= D_{A \text{ ka}} - q u_1 \times \cos(9,46^\circ) \times 6 \\
 &= 4576,14 - 1107,37 \times \cos(9,46^\circ) \times 6 = -1977,65 \text{ kg} \\
 D_{C \text{ ka}} &= R_A - q u_1 \times 6 - P_1 \\
 &= 4639,26 - 1107,37 \times 6 - 571,94 = -2576,87 \text{ kg} \\
 D_{D \text{ ki}} &= D_{C \text{ ka}} - q u_2 \times 1 \\
 &= -2576,87 - 809,13 \times 1 = -3386 \text{ kg} \\
 D_{D \text{ ka}} &= D_{D \text{ ki}} - P_2 \\
 &= -3386 - 1130,98 = -4516,98 \text{ kg} \\
 D_{B \text{ ki}} &= D_{D \text{ ka}} - q u_2 \times 1 - P_1 \\
 &= -4516,98 - 809,13 \times 1 - 571,94 = -5898,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.25 Bidang Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 5898,05 \text{ kg} \\
 M_u &= 9717,99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang
 - Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{174}{2 \times 9} = 9,67$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 689 \times 2500$$

$$= 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$9717,99 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

$$L_p = 193,15 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 533,95 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 689 \times 2500$$

$$= 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$9717,99 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{6} = 50$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 34,6 \times 0,6 \times 1 \\ &= 31140 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$5898,05 \text{ kg} \leq 1 \times 31140 \text{ kg} = 31140 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = \sqrt{6^2 + 1^2} = 6,083 \text{ m}$$

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 608,3/360 = 1,69 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{48} \cdot \frac{(M_{maks} - 0,1(M_C + M_A)) \cdot L^2}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{48} \cdot \frac{(9717,99 \times 100 - 0,1(7902,98 \times 100 + 0)) \cdot 608,3^2}{2000000 \times 11100} \right) = 1,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$1,55 \text{ cm} < 1,69 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 350 x 175 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok utama ramp.

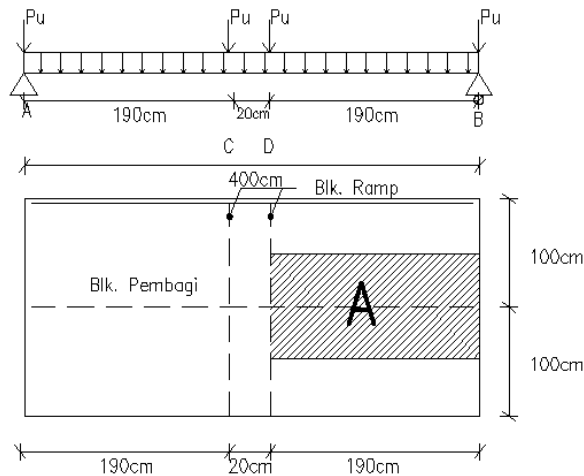
4.1.5.5. Perencanaan balok penumpu ramp

Balok penumpu ramp dianalisa dengan anggapan terletak diatas dua tumpuan sederhana dengan beban yang dipikul berasal dari beban merata profil dan reaksi balok utama ramp yang menjadi beban terpusat.

Balok penumpu ramp direncanakan dengan profil WF 350x175x6x9, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} W &= 41,4 \text{ kg/m} & A &= 52,68 \text{ cm}^2 \\ bf &= 174 \text{ mm} & d &= 346 \text{ mm} \end{array}$$

t_f	$= 9 \text{ mm}$	t_w	$= 6 \text{ mm}$
r	$= 14 \text{ mm}$	i_x	$= 14,5 \text{ cm}$
i_y	$= 3,88 \text{ cm}$	I_x	$= 11100 \text{ cm}^4$
I_y	$= 792 \text{ cm}^4$	S_x	$= 641 \text{ cm}^3$
S_y	$= 91 \text{ cm}^3$	Z_x	$= 689 \text{ cm}^3$
Z_y	$= 139 \text{ cm}^3$	h	$= d - 2(t_f + r)$
			$= 300 \text{ mm}$
L_p	$= 193,15 \text{ cm}$	l_r	$= 533,95 \text{ cm}$
$L \text{ balok}$	$= 4 \text{ m}$		
Lebar ramp	$= 1,9 \text{ m}$		



Gambar 4.26 Pembebanan pada Balok Penumpu Ramp

- Beban mati
 - Profil $= 41,4 \text{ kg/m} + 41,4 \text{ kg/m} = 82,8 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) $= 0,1 \times 82,8 = 8,28 \text{ kg/m}$
 - Total qD $= 82,8 + 8,28 = 91,08 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor
 - $q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$
 - $= 1,2 \times 91,08 + 1,6 \times 0 = 109,29 \text{ kg/m}$
 - $P_u = 5898,05 \text{ kg}$ (dari reaksi R_B balok utama tangga)

- Gaya dalam pada balok

$$R_a = R_b$$

$$= \frac{1}{2} \times q_u \times L + 4 \times P_u \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \times 54,65 \times 4 + 4 \times 5898,05 \times \frac{1}{2} = 11905,39 \text{ kg}$$

Mu (tengah bentang)

$$= R_A \times \frac{1}{2}L - \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 - P_u(L_1 + L_2)$$

$$= 11905,39 \times \frac{1}{2} \times 4 - \frac{1}{8} \times 54,65 \times 4^2 - 5898,05(0,1+2)$$

$$= 11315,58 \text{ kgm}$$

Vu

$$= R_a - P_u$$

$$= 11905,39 - 5898,05 = 6007,34 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{174}{2 \times 9} = 9,67$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 689 \times 2500$$

$$= 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$11315,58 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

$$L_p = 193,15 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 533,95 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 689 \times 2500$$

$$= 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$11315,58 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 50$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

Sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 34,6 \times 0,6 \times 1$$

$$= 31140 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$6007,34 \text{ kg} \leq 1 \times 31140 \text{ kg} = 31140 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 400/360 = 1,11 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (f_o),

$$\begin{aligned} f_o &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL) \cdot L^4}{E \times I_x} \right) + \left(\frac{1}{24} \cdot \frac{P_a \times (3L^2 - 4a^2)}{E \times I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(0,455 + 0) \times 400^4}{2000000 \times 11100} \right) + \left(\frac{1}{24} \cdot \frac{5898,03 \times 190 \times (3 \times 400^2 - 4 \times 190^2)}{2000000 \times 11100} \right) \\ &= 0,713 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,713 \text{ cm} < 1,11 \text{ cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 350x175x6x9 dapat digunakan sebagai balok penumpu ramp.

4.2. Pemodelan dan Analisa Struktur Utama

4.2.1. Pemodelan struktur

Perancangan gedung 16 lantai ini dimodelkan menggunakan software SAP2000 dengan *base isolator* dan sistem rangka pemikul momen khusus. Sehingga beban lateral yang terjadi dipikul oleh rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Gedung ini dimodelkan dua kali, pertama dengan struktur *fixed base* untuk mendapatkan nilai perioda fundamental (T) dan gaya aksial yang diterima kolom paling dasar yang akan digunakan dalam perencanaan *base isolator*, kedua dimodelkan dengan struktur *isolation* untuk mendapatkan gaya dalam yang dipikul struktur utama. Pemodelan struktur ini mengacu pada peraturan SNI 1726:2012.

4.2.2. Pembebanan struktur utama

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2013, PPIUG 1983, dan brosur yang digunakan. Beban tersebut adalah:

1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini adalah sebagai berikut:

- Berat beton dengan berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat profil baja dengan berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding setengah bata 250 kg/m^2
- Berat adukan semen 21 kg/m^2 tiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik 24 kg/m^2 tiap ketebalan 1 cm
- Berat plafond dan penggantung 18 kg/m^2
- Berat aspal 14 kg/m^2 tiap ketebalan 1 cm

- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok penggantung lift, dengan besar beban terlampir.

Berikut adalah beban pelat atap dan pelat lantai gedung:

a. Pelat Atap

Beton = 0.09×2400	= 216 kg/m ²
Pelat bondek	= 10,1 kg/m ²
Aspal (1cm)	= 14 kg/m ²
Penggantung plafond	= 7 kg/m ²
Plafond	= 11 kg/m ²
<i>Mechanic, electrical, plumbing</i>	= 25 kg/m ²
	= 283,1 kg/m ²
Sambungan (10%)	= 28,3 kg/m ²
	= 311,4 kg/m ²

b. Pelat Lantai

Beton = 0.09×2400	= 216 kg/m ²
Pelat bondek	= 10,1 kg/m ²
Adukan semen (1cm)	= 21 kg/m ²
Penggantung plafond	= 7 kg/m ²
Plafond	= 11 kg/m ²
Keramik (1cm)	= 24 kg/m ²
<i>Mechanic, electrical, plumbing</i>	= 25 kg/m ²
	= 314,1 kg/m ²
Sambungan (10%)	= 31,4 kg/m ²
	= 345,5 kg/m ²

2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

Atap	= 96 kg/m ²
Lantai rumah sakit	= 192 kg/m ²

3. Beban gempa

Jakarta secara umum memiliki tanah sedang dan lunak, penentuan jenis tanah lokasi gedung menggunakan tes penetrasi tanah (SPT). Jenis tanah tersebut digunakan sebagai parameter gempa yang diambil dari desain spectra Indonesia. Dalam

pemodelan ini, beban gempa dianalisis menggunakan respons spektrum.

4. Data tanah

Penentuan jenis tanah merupakan salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan. Salah satu cara untuk menentukan jenis tanah adalah dengan melakukan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan penentuan jenis tanah:

$$\tilde{N} \geq 50 = \text{Tanah Keras}$$

$$15 \geq \tilde{N} \geq 50 = \text{Tanah Sedang}$$

$$\tilde{N} < 15 = \text{Tanah Lunak}$$

Tabel 4.3 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	2,5	2,5	14	0,1786
Lapisan 3	6	3,5	18	0,1944
Lapisan 4	10	4	3	1,3333
Lapisan 5	16	6	8	0,75
Lapisan 6	22	6	21	0,2857
Lapisan 7	36	14	50	0,28
Total		36		3,02206

$$\tilde{N} = 36 / 3,02206 = 11,91$$

Dari perhitungan N rata-rata diatas, maka jenis tanah tergolong tanah lunak.

4.2.3. Berat total bangunan

Beban lateral (gempa) yang terjadi sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan. Berat total bangunan juga perlu untuk mengetahui besar gaya geser statis guna dibandingkan dengan gaya geser dinamis yang terjadi. Pada perencanaan gedung ini, perhitungan berat struktur menggunakan *software* SAP2000 dengan kombinasi 1D +0,5L.

4.2.4. Kombinasi pembebanan

Kombinasi beban yang terjadi dalam pemodelan ini mengacu pada SNI 03-1729-2002 sebagai berikut:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 0,5LL \pm E
- 0,9 DL \pm E

Keterangan:

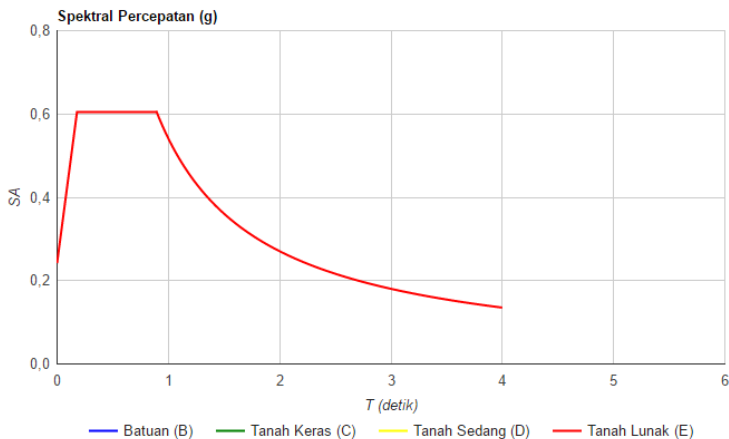
DL = beban mati

LL = beban hidup

E = beban gempa

4.2.5. Pembebanan gempa dinamis

Perencanaan struktur gedung RSUD Koja ini meninjau pengaruh gempa dinamis sesuai dengan SNI 1726:2012, yaitu respon spektrum. Arah pembebanan gaya gempa ini adalah 100% searah sumbu koordinat yang ditinjau, dan bekerja bersamaan sebesar 30% dalam arah tegak lurus koordinatnya. Namun perlu adanya faktor skala nilai respon spektrum sebesar $g \frac{I_e}{R}$. Berdasarkan desain spectra Indonesia, berikut adalah nilai parameter gempa RSUD Koja Jakarta:



Gambar 4.27 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Jakarta

Tabel 4.4 Parameter Respon Gempa Wilayah Jakarta untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak)

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
PGA (g)	0.341	PSA (g)	0.367
SS (g)	0.633	SMS (g)	0.908
S1 (g)	0.283	SM1 (g)	0.811
CRS	0.98	SDS (g)	0.605
CR1	0.938	SD1 (g)	0.541
FPGA	1.078	T0 (detik)	0.179
FA	1.433	TS (detik)	0.893
FV	2.869		

4.2.5.1. Faktor reduksi gempa (R)

Pada Tugas Akhir ini, gedung RSUD Koja direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 didapat nilai R, Cd, dan Ω_0 sebagai berikut:

$$R = 8$$

$$Cd = 5,5$$

$$\Omega_0 = 3$$

4.2.5.2. Faktor keutamaan (I)

Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 2, ditentukan faktor keutamaan untuk berbagai risiko struktur bangunan gedung dan non gedung terhadap pengaruh gempa rencana. Gedung rumah sakit termasuk kategori risiko IV, sehingga diperoleh faktor keutamaan (I) sebesar 1,5.

4.2.6. Pemodelan pelat sebagai diafragma

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.1.2, keberadaan pelat beton atau dek metal yang diberi penutup (*topping*) beton, pada saat menerima beban gempa dapat berfungsi sebagai penyalur beban gempa pada struktur primer atau dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Dalam pemodelan struktur, pelat tiap lantai untuk seluruh lantai dimodelkan sebagai diafragma.

4.2.7. Analisa struktur *fixed base*

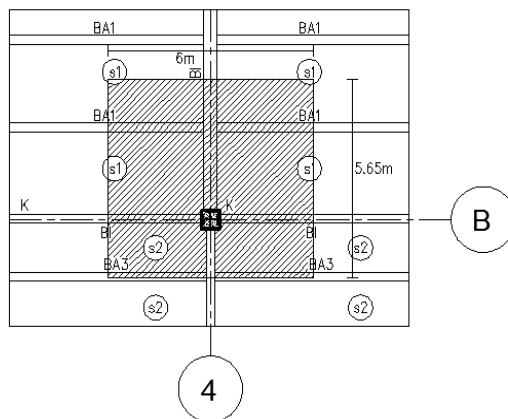
Hasil analisa struktur menggunakan *software* harus dikontrol terhadap batasan-batasan seperti berikut:

- Kontrol partisipasi masa
- Kontrol periode getar fundamental struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)

Sebelum melakukan kontrol-kontrol tersebut, untuk membuktikan hasil pemodelan sesuai dengan keadaan asli, maka perlu dibandingkan hasil *software* dan perhitungan manual dengan meninjau salah satu kolom (1D + 0,5L). Hasil perbandingan tersebut tidak boleh melebihi 5%.

Hasil analisis tersebut dipilih gaya dalam maksimum yang terjadi pada elemen struktur sebagai kontrol kapasitas penampang tiap elemen.

4.2.7.1. Kontrol pemodelan struktur *fixed base*



Gambar 4.28 Kolom As B-4 sebagai Elemen yang ditinjau

Luas area yang ditinjau – $5,65 \times 6 = 33,9 \text{ m}^2$

Perhitungan beban hidup dan beban mati yang diterima kolom B-4 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Perhitungan Beban Kolom As B-4

Keterangan	Berat Satuan	Panjang (m)	Luas (m ²)	Jumlah	Berat (kg)
ql atap	48 kg/m ²	-	33.9	1	1627.2
qd atap	311.41 kg/m ²	-	33.9	1	10556.8
ql lantai	96 kg/m ²	-	33.9	15	48816
qd lantai	345.51 kg/m ²	-	33.9	15	175692
dinding	250 kg/m ²	-	40	15	150000
kolom:					
K1	1990.66 kg/m	4	-	5	39813.2
K1	1990.66 kg/m	5	-	1	9953.3
K2	1497.49 kg/m	4	-	5	29949.8
K3	1138.38 kg/m	4	-	5	22767.7
Balok anak:					
BA1	41.4 kg/m	6	-	15	3726
BA3	44.1 kg/m	3	-	15	1984.5
BA5	44.1 kg/m	6	-	1	264.6
BA7	32 kg/m	3	-	1	96
Balok induk:					
BI	103 kg/m	11.65	-	16	19199.2
Total					514446

Dari hasil analisa SAP2000 pada kolom As B-4 diperoleh beban aksial sebesar 508907,3 kg. Perbandingan antara hasil SAP2000 dan manual adalah sebagai berikut:

$$514446 - 508907,3 = 5538.77 \text{ kg}$$

$$\frac{5538.77}{514446}$$

$$\times 100 = 1.076\% < 5\% \text{ (OK!)}$$

Dari perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemodelan struktur mendekati keadaan aslinya.

4.2.7.2. Kontrol partisipasi massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal.

Hasil partisipasi massa menggunakan program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Rasio Partisipasi Massa Struktur *Fixed Base*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.944E-12	0.733
MODAL	Mode	2	0.755	0.733
MODAL	Mode	3	0.755	0.739
MODAL	Mode	4	0.755	0.861
MODAL	Mode	5	0.868	0.861
MODAL	Mode	6	0.868	0.863
MODAL	Mode	7	0.868	0.909
MODAL	Mode	8	0.913	0.909
MODAL	Mode	9	0.913	0.91
MODAL	Mode	10	0.913	0.937
MODAL	Mode	11	0.94	0.937
MODAL	Mode	12	0.94	0.938

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa arah X sebesar 91,3% dan arah Y sebesar 90,9% pada moda ke 8, sehingga memenuhi syarat yaitu lebih dari 90%.

4.2.7.3. Kontrol waktu getar alami fundamental

Waktu getar alami fundamental (T_a) diperkirakan menggunakan persamaan berikut:

$T_a = C_t \times h_n^x$, dengan nilai C_t dan x diambil dari SNI 1726:2012 tabel 15

$C_t = 0,0724$

$h_n = 65 \text{ m}$

$x = 0,8$

$T_a = 0,0724 \times 65^{0,8} = 2,042 \text{ detik}$

Karena nilai $SD1 = 0,541$ didapat $C_u = 1,4$ (SNI 1726:2012 tabel 14)

Sehingga periode getar alami fundamental ijin adalah:

$T = T_a \times C_u = 2,042 \times 1,4 = 2,858 \text{ detik}$

Tabel 4.7 Frekuensi dan Periode Struktur *Fixed Base*

TABLE: Modal Periods And Frequencies				
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	2.208286	0.45284
MODAL	Mode	2	2.004644	0.49884
MODAL	Mode	3	1.92021	0.52078
MODAL	Mode	4	0.730839	1.3683
MODAL	Mode	5	0.672979	1.4859
MODAL	Mode	6	0.649671	1.5392
MODAL	Mode	7	0.396787	2.5202
MODAL	Mode	8	0.374369	2.6712
MODAL	Mode	9	0.356732	2.8032
MODAL	Mode	10	0.257316	3.8863
MODAL	Mode	11	0.244584	4.0886
MODAL	Mode	12	0.231317	4.3231

Dari tabel diatas didapatkan periode struktur 2,208 detik < 2,858 detik, sehingga analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.

4.2.7.4. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, jika kombinasi respon dinamik (V_t) lebih kecil dari 85% dari gaya geser dasar statik ekivalen (V) maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$.

Rumus geser statik adalah:

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,605}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1134$$

Tidak perlu melebihi,

$$C_s = \frac{SD_1}{\left(\frac{R}{I}\right)_T} = \frac{0,541}{\left(\frac{8}{1,5}\right)^{2,2}} = 0,04593$$

Harus lebih dari,

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times SD_s \times I \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,605 \times 1,5 \\ &= 0,03993 \geq 0,01 \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

Sehingga C_s yang digunakan = 0,04593.

Berat total bangunan (W) yang dihitung secara manual menghasilkan nilai sebagai berikut:

Tabel 4.8 Berat Total Bangunan Struktur *Fixed Base*

Keterangan	W (kN)	Keterangan	W (kN)
Atap	5539,56	Lantai 9	8911,870
Lantai 16	8026,64	Lantai 8	8911,870
Lantai 15	8423,489	Lantai 7	9247,227
Lantai 14	8423,489	Lantai 6	9582,584
Lantai 13	8423,489	Lantai 5	9582,584
Lantai 12	8667,679	Lantai 4	9582,584
Lantai 11	8911,870	Lantai 3	9582,584
Lantai 10	8911,870	Lantai 2	9679,100
Total		140408,501 kN	

Sedangkan analisis struktur menggunakan program SAP2000, didapatkan berat total bangunan sebesar 14037376,5 kg, sehingga

dapat kita hitung tingkat kesalahan antara perhitungan manual dengan software sebagai berikut:

$$\frac{14040850,1 - 14037376,5}{14040850,1} \times 100 = 0,02\% < 5\% \text{ (OK!)}$$

Dari berat perhitungan manual tersebut dapat kita cari nilai V statik (V) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,04565 \times 14040850,1 \\ &= 644965,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000, didapatkan gaya gempa dinamis sebagai berikut:

Tabel 4.9 Gaya Gempa Dinamis (Vt) Struktur *Fixed Base*

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Arah X	260393,85	71750,61
Arah Y	78118,15	239168,71

- Arah X:
 $V_t \geq 0,85 V$
 $260393,85 \text{ kg} \geq 0,85 \times 644965,7 \text{ kg}$
 $260393,85 \text{ kg} \geq 548220,85 \text{ kg}$ (NOT OK!)
Skala $(0,85V/V_t) = 2,105$
- Arah Y:
 $V_t \geq 0,85 V$
 $239168,71 \text{ kg} \geq 0,85 \times 644965,7 \text{ kg}$
 $239168,71 \text{ kg} \geq 548220,85 \text{ kg}$ (NOT OK!)
Skala $(0,85V/V_t) = 2,292$

Setelah dilakukan pengskalaan, didapat gaya gempa dinamis baru sebagai berikut:

Tabel 4.10 Gaya Gempa Dinamis (V_t) Struktur *Fixed Base*
Setelah Skala

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Arah X	548220,85	151022,96
Arah Y	179017,59	548220,85

- Arah X:
 $V_t \geq 0,85 V$
 $548220,85 \text{ kg} \geq 0,85 \times 644965,7 \text{ kg}$
 $548220,85 \text{ kg} \geq 548220,85 \text{ kg (OK!)}$
- Arah Y:
 $V_t \geq 0,85 V$
 $548220,85 \text{ kg} \geq 0,85 \times 644965,7 \text{ kg}$
 $548220,85 \text{ kg} \geq 548220,85 \text{ kg (OK!)}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai gaya geser dasar dinamis lebih besar dari 0,85 gaya geser dasar statik, sehingga memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1.

4.2.7.5. Kontrol simpangan antar lantai (*drift*)

Simpangan antar lantai (Δ) dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

Δ_s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa ditingkat x (δ_x) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \leq \Delta_a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke- x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (5,5)

I = faktor keutamaan gedung (1,5)

$$\Delta a = 0,015 h x$$

ρ = faktor redundansi (1,0)

Tabel 4.11 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban
Gempa Arah X Struktur *Fixed Base*

Keterangan	hi	δx_e	δx	$\Delta = \delta x_a - \delta x_b$	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Atap	4000	145.37	533.01	9.75	60	60	OK!
Lantai 16	4000	142.71	523.26	14.14	60	60	OK!
Lantai 15	4000	138.85	509.12	19.03	60	60	OK!
Lantai 14	4000	133.66	490.09	23.86	60	60	OK!
Lantai 13	4000	127.15	466.22	28.71	60	60	OK!
Lantai 12	4000	119.32	437.52	31.54	60	60	OK!
Lantai 11	4000	110.72	405.98	34.98	60	60	OK!
Lantai 10	4000	101.18	371.00	38.46	60	60	OK!
Lantai 9	4000	90.69	332.54	41.81	60	60	OK!
Lantai 8	4000	79.29	290.73	45.00	60	60	OK!
Lantai 7	4000	67.02	245.73	45.96	60	60	OK!
Lantai 6	4000	54.48	199.77	47.15	60	60	OK!
Lantai 5	4000	41.63	152.63	47.12	60	60	OK!
Lantai 4	4000	28.78	105.51	44.63	60	60	OK!
Lantai 3	4000	16.60	60.88	37.57	60	60	OK!
Lantai 2	5000	6.36	23.31	23.31	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	0.00	0.00	0.00	0	0	-

Tabel 4.12 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur *Fixed Base*

Keterangan	h_i	δx_e	δx	$\Delta = \delta x_a - \delta x_b$	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Atap	4000	162.28	595.01	16.61	60	60	OK!
Lantai 16	4000	157.75	578.40	21.14	60	60	OK!
Lantai 15	4000	151.98	557.26	25.91	60	60	OK!
Lantai 14	4000	144.92	531.36	30.46	60	60	OK!
Lantai 13	4000	136.61	500.90	34.87	60	60	OK!
Lantai 12	4000	127.10	466.03	37.27	60	60	OK!
Lantai 11	4000	116.93	428.75	40.15	60	60	OK!
Lantai 10	4000	105.98	388.61	43.02	60	60	OK!
Lantai 9	4000	94.25	345.59	45.74	60	60	OK!
Lantai 8	4000	81.78	299.85	48.23	60	60	OK!
Lantai 7	4000	68.62	251.62	48.71	60	60	OK!
Lantai 6	4000	55.34	202.91	49.29	60	60	OK!
Lantai 5	4000	41.90	153.62	48.52	60	60	OK!
Lantai 4	4000	28.67	105.11	45.20	60	60	OK!
Lantai 3	4000	16.34	59.91	37.33	60	60	OK!
Lantai 2	5000	6.16	22.58	22.58	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	0.00	0.00	0.00	0	0	-

Dari hasil dua tabel diatas maka analisa pemodelan struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.3 dan pasal 7.12.1.

Hasil analisa struktur *fixed base* ini, didapatkan nilai periode fundamental yang memenuhi dan gaya aksial pada kolom paling dasar untuk digunakan perencanaan dimensi *base isolator* pada struktur isolasi setelah ini.

4.2.8. Sistem struktur isolasi

Persyaratan struktur isolasi mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 12.2, 12.4.1, dan 12.4.2. Dimana diantaranya sebagai berikut:

- Pemeriksaan dan penggantian (pasal 12.2.4.8)

Dalam pasal ini menyatakan bahwa struktur *base isolator* harus menyediakan jalan/akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen-komponen sistem isolasi harus disediakan. Dalam Tugas Akhir ini, ruang pemeriksaan disediakan dengan ketinggian 2,5 m.

- Stabilitas beban vertikal (pasal 12.2.4.6)

Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertikal rencana yang mengalami suatu perpindahan horisontal sama dengan perpindahan maksimum total.

Sebelumnya telah dilakukan analisa struktur *fixed base* telah dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada (periode fundamental, simpangan antar lantai, partisipasi massa, dan nilai respon spektrum). Sehingga stabilitas beban vertikal terpenuhi.

- Pemilihan prosedur analisis struktur (pasal 12.4)

Pada pemodelan struktur base isolator ini, perlu diketahui gaya geser statik dari prosedur lateral ekuivalen untuk nantinya dibandingkan dengan gaya geser dinamis sebagai salah satu persyaratan pemodelan.

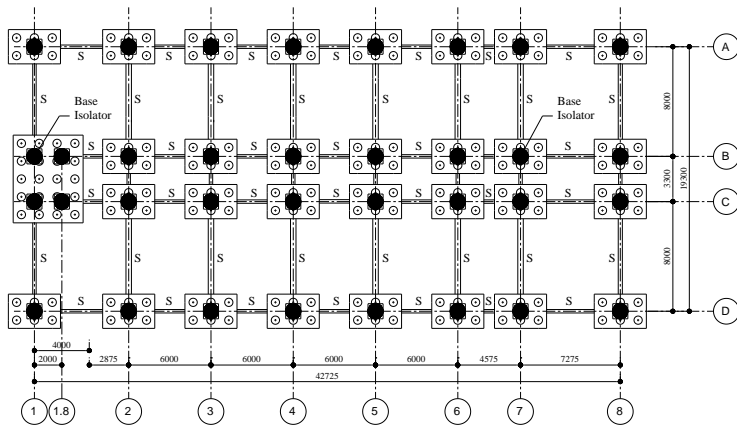
Berdasarkan pasal 12.4.1, prosedur analisis statik ekuivalen adalah sebagai berikut:

1. Struktur terletak di situs dengan $S_1 \leq 0,60g$
2. Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD
3. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum T_M , kurang atau sama dengan 3 detik
4. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana, T_D , lebih besar dari 3 kali periode elastik struktur terjepit dari struktur di atas sistem isolasi

Dengan perioda struktur terjepit yang terjadi sebesar 2,208 detik, maka nilai T_D adalah $3 \times 2,208 = 6,62$ detik. T_D tersebut digunakan untuk mendesain dimensi base isolator HDRB.

4.2.9. Perhitungan dimensi *high damping rubber bearing* (HDRB)

Pada Tugas Akhir ini base isolator ditempatkan di dasar tiap elemen kolom struktur (lihat Gambar 4.29). Gaya reaksi yang terjadi pada tiap kolom tersebut digunakan untuk menentukan dimensi HDRB.



Gambar 4.29 Layout Pemasangan HDRB

Hasil analisa struktur *fixed base* sebelumnya, didapatkan gaya reaksi terbesar pada:

- Kolom interior = 805835 kg = 8058350 N
- Kolom eksterior = 713079,47 kg = 7130794,7 N

4.2.9.1. Perhitungan dimensi HDRB kolom interior

Spesifikasi HDRB menggunakan brosur dari *bridgestone* dengan asumsi material untuk kolom interior sebagai berikut:

- Shear modulus (G) = $0,62 \text{ N/mm}^2$
- Rubber thickness (t_r) = 200 mm

- Gaya reaksi (w) = 8058350 N
- T_D = 6,62 detik
- Panjang bentang = 6000 mm

- Kekakuan horisontal *base isolator* (K_H):

$$K_H = \frac{w \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)}{\text{pjpg bentang}} = \frac{8058350 \times \left(\frac{2\pi}{6,62}\right)}{6000} = 1209,07 \text{ N/mm}$$

- Luasan HDRB:

$$K_H = \frac{G \times A}{\text{tr}}$$

$$A = \frac{K_H \times \text{tr}}{G} = \frac{1209,07 \times 200}{0,62} = 390022,18 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 390022,18}{\pi}} = 704,55 \text{ mm}$$

Pakai diameter 750 mm.

4.2.9.2. Perhitungan dimensi HDRB kolom eksterior

Spesifikasi HDRB menggunakan brosur dari *bridgestone* dengan asumsi material untuk kolom eksterior sebagai berikut:

- Shear modulus (G) = 0,62 N/mm²
- Rubber thickness (tr) = 200 mm
- Gaya reaksi (w) = 7130794,7 N
- T_D = 6,62 detik
- Panjang bentang = 6000 mm

- Kekakuan horisontal *base isolator* (K_H):

$$K_H = \frac{w \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)}{\text{pjpg bentang}} = \frac{7130794,7 \times \left(\frac{2\pi}{6,62}\right)}{6000} = 1069,89 \text{ N/mm}$$

- Luasan HDRB:

$$K_H = \frac{G \times A}{\text{tr}}$$

$$A = \frac{K_h \times t_r}{G} = \frac{1069,89 \times 200}{0,62} = 345128,73 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 345128,73}{\pi}} = 662,76 \text{ mm}$$

Pakai diameter 750 mm.

4.2.9.3. Spesifikasi HDRB

Spesifikasi HDRB yang digunakan pada kolom interior dan eksterior dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Spesifikasi HDRB

Karakteristik	HH075X6R	Satuan
<i>Outer Diameter</i>	750	mm
<i>First Shape factor</i>	36,8	-
<i>Second Shape Factor</i>	3,75	-
<i>Diameter of flange</i>	1100	mm
<i>Height</i>	376,9	mm
<i>Weight</i>	8,9	kN
<i>Compressive stiffness</i>	3090	10^3 kN/m
<i>Eq. Shear Stiffness</i>	1,37	10^3 kN/m
<i>Characteristic Strength</i>	112	kN
<i>Initial Stiffness</i>	8,10	10^3 kN/m
<i>Equivalent Damping Ratio</i>	0,24	-

4.2.10. Analisis struktur isolasi

Pada analisis struktur isolasi ini nilai faktor reduksi gempa (R) mengacu SNI 1726:2012 pasal 12.5.4.2, dimana nilai R harus $\frac{3}{8}$ dari nilai R struktur *fixed base* dengan nilai maksimum ≤ 2 dan minimum ≥ 1 .

$$R = \frac{3}{8} \times 8 = 3 \geq 2 \text{ (NOT OK!)}$$

Sehingga R = 2

Untuk faktor keutamaan gempa (I) mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 12.2.1, harus diambil sebesar 1,0 tanpa membedakan kategori risiko yang diterapkan.

$$I = 1,0$$

Damping ratio HDRB adalah 0,24, berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 22, nilai koefisien redaman B_D atau B_M adalah 1,58 (interpolasi).

- Periode efektif

T_D = Periode efektif struktur sistem isolasi, dalam detik, pada perpindahan rencana di arah horisontal yang ditinjau

T_M = Periode efektif minimum sistem isolasi, dalam detik, pada perpindahan maksimum di arah horisontal yang ditinjau

$T_D = 6,62$ detik dan $T_M = 3$ detik (karena periode struktur isolasi = 3,33 detik > 3 detik)

- Kekakuan efektif

K_{Dmin} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horisontal yang ditinjau (SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.2)

K_{Dmax} = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horisontal yang ditinjau

K_{Mmin} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum di arah horisontal yang ditinjau (SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.4)

K_{Mmax} = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum di arah horisontal yang ditinjau

Berat total bangunan (W) yang dihitung secara manual menghasilkan nilai sebagai berikut:

Tabel 4.14 Berat Total Bangunan Struktur Isolasi

Keterangan	W (kN)	Keterangan	W (kN)
Atap	5539,563	Lantai 8	8911,870
Lantai 16	8026,642	Lantai 7	9247,227
Lantai 15	8423,489	Lantai 6	9582,584
Lantai 14	8423,489	Lantai 5	9582,584
Lantai 13	8423,489	Lantai 4	9582,584
Lantai 12	8667,679	Lantai 3	9582,584
Lantai 11	8911,870	Lantai 2	9679,100
Lantai 10	8911,870	Lantai 1 (dasar)	6893,035
Lantai 9	8911,870		
Total		147301,536 kN	

Sedangkan analisis struktur menggunakan program SAP2000, didapatkan berat total bangunan sebesar 145908,8 kN, sehingga dapat kita hitung tingkat kesalahan antara perhitungan manual dengan software sebagai berikut:

$$147301,536 - 145908,8 = 1392,73 \text{ kN}$$

$$\frac{1392,73}{147301,536} \times 100 = 0,95\% < 5\% \text{ (OK!)}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} \times g}}$$

$$K_{Dmin} = \frac{W}{\left(\frac{T_D}{2\pi}\right)^2 \times g} = \frac{147301,536}{\left(\frac{6,62}{2\pi}\right)^2 \times 9,81} = 13517,44 \text{ kN/m}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} \times g}}$$

$$K_{Mmin} = \frac{W}{\left(\frac{T_M}{2\pi}\right)^2 \times g} = \frac{147301,536}{\left(\frac{3}{2\pi}\right)^2 \times 9,81} = 65918,15 \text{ kN/m}$$

Kekakuan efektif maksimum bisa dilakukan asumsi sebesar 110% kekakuan minimum dengan faktor pembagi 0,9.

$$K_{D\max} = 1,1 \times \frac{13517,44}{0,9} = 16521,313 \text{ kN/m}$$

$$K_{M\min} = 1,1 \times \frac{65918,15}{0,9} = 80566,63 \text{ kN/m}$$

- Perpindahan rencana (D_D) dan perpindahan maksimum (D_M)

D_D = perpindahan rencana sistem isolasi, mm

D_M = perpindahan maksimum sistem isolasi, mm

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi \times B_D} = \frac{9,81 \times 0,541 \times 6,62}{4\pi \times 1,58} = 0,563 \text{ m}$$

$$= 563 \text{ mm}$$

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi \times B_M} = \frac{9,81 \times 0,811 \times 3}{4\pi \times 1,58} = 0,382 \text{ m}$$

$$= 382 \text{ mm}$$

- Perpindahan rencana yang diizinkan untuk analisis dinamik (D'_D) dan perpindahan maksimum (D'_M)

$$D'_D = \frac{D_D}{\sqrt{1 + (T/T_D)^2}} = \frac{0,563}{\sqrt{1 + (2,208/6,62)^2}} = 0,534 \text{ m} = 534 \text{ mm}$$

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + (T/T_M)^2}} = \frac{0,382}{\sqrt{1 + (2,208/3)^2}} = 0,307 \text{ m} = 307 \text{ mm}$$

4.2.11. Pemodelan struktur isolasi

Pemodelan struktur isolasi menggunakan program SAP2000. Adapun langkah-langkah menginput *base isolator* adalah sebagai berikut:

1. Perletakkan yang awalnya jepit (struktur *fixed base*) diubah menjadi link/support properties
2. Jenis link adalah rubber isolator dengan spesifikasi yang telah didesain sebelumnya
3. Lalu pilih *draw – draw 1 joint link – pilih link properties*, untuk menjadikan rubber isolator sebagai perletakan.
4. *Run analyze*

4.2.11.1. Kontrol partisipasi massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal.

Hasil partisipasi massa struktur isolasi menggunakan program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rasio Partisipasi Massa Struktur Isolasi

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	9.25E-13	0.914
MODAL	Mode	2	0.95	0.914
MODAL	Mode	3	0.95	0.931
MODAL	Mode	4	0.95	0.991
MODAL	Mode	5	0.994	0.991
MODAL	Mode	6	0.994	0.992
MODAL	Mode	7	0.994	0.998
MODAL	Mode	8	0.999	0.998
MODAL	Mode	9	0.999	0.999
MODAL	Mode	10	0.999	1
MODAL	Mode	11	1	1
MODAL	Mode	12	1	1

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa arah X sebesar 95% dan arah Y sebesar 91,4% pada moda ke 2, sehingga memenuhi syarat yaitu lebih dari 90%.

4.2.11.2. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.5.4, gaya geser statik dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Sistem isolasi dan elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi.

Dalam ketentuan ini nilai gaya geser statik (V_b) diambil dari persamaan berikut:

$$V_b = K_{Dmax} \times D_D$$

2. Elemen struktural di atas sistem isolasi

Dalam ketentuan ini gaya geser statik (V_s) diambil dari persamaan berikut:

$$V_s = \frac{K_{Dmax} \times D_D}{R}$$

Pada Tugas Akhir ini gaya geser statik yang ditinjau adalah V_s dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{16521,313 \times 0,563}{2} = 4652,55 \text{ kN} = 465255 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.2, gaya gempa dinamis tidak boleh kurang dari 80% gaya geser statik. Dari hasil SAP2000 didapatkan gaya gempa dinamis sebagai berikut:

Tabel 4.16 Gaya Gempa Dinamis Struktur Isolasi

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Arah X	572517,7	162722
Arah Y	171755,32	542409,11

- Arah X:
 $V \geq 0,8 V_s$
 $572517,7 \text{ kg} \geq 0,8 \times 465255 \text{ kg}$
 $572517,7 \text{ kg} \geq 372204,01 \text{ kg (OK!)}$
- Arah Y:
 $V \geq 0,8 V_s$
 $542409,11 \text{ kg} \geq 0,8 \times 465255 \text{ kg}$
 $542409,11 \text{ kg} \geq 372204,01 \text{ kg (OK!)}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa gaya gempa dinamis yang terjadi memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.2.

4.2.11.3. Kontrol simpangan antar lantai (*drift*)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.4, simpangan antar lantai maksimum dari struktur di atas sistem isolasi yang dihitung dengan analisis spektrum respon tidak boleh melebihi $0,015_{hx}$ dan faktor C_d dari struktur dengan isolasi sama dengan faktor R .

Sehingga,

$$\delta x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \leq \Delta a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = 2, faktor pembesaran defleksi

I = 1, faktor keutamaan gedung

Δa = $0,015_{hx}$

ρ = 1, faktor redundansi

δx Lantai 1 = perpindahan base isolator

Tabel 4.17 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban
Gempa Arah X Struktur Isolasi

Keterangan	h_i	δx_e	δx	$\Delta = \delta x_a - \delta x_b$	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Atap	4000	260.72	521.43	4.07	60	60	OK!
Lantai 16	4000	258.68	517.36	5.72	60	60	OK!
Lantai 15	4000	255.82	511.64	7.67	60	60	OK!
Lantai 14	4000	251.99	503.98	9.70	60	60	OK!
Lantai 13	4000	247.14	494.27	11.88	60	60	OK!
Lantai 12	4000	241.20	482.39	13.33	60	60	OK!
Lantai 11	4000	234.53	469.06	15.07	60	60	OK!
Lantai 10	4000	227.00	454.00	16.90	60	60	OK!
Lantai 9	4000	218.55	437.10	18.79	60	60	OK!
Lantai 8	4000	209.15	418.31	20.81	60	60	OK!
Lantai 7	4000	198.75	397.50	21.95	60	60	OK!
Lantai 6	4000	187.78	375.56	23.39	60	60	OK!
Lantai 5	4000	176.08	352.16	24.84	60	60	OK!
Lantai 4	4000	163.66	327.32	26.12	60	60	OK!
Lantai 3	4000	150.60	301.20	26.97	60	60	OK!
Lantai 2	5000	137.11	274.23	33.15	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	120.54	241.08	-	0	0	-

Pada Tabel 4.17 tersebut didapat nilai δx Lantai 1 sebesar 241,08 mm $\leq D'_M = 307$ mm . Sehingga perpindahan maksimum base isolator memenuhi persyaratan.

Tabel 4.18 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Isolasi

Keterangan	hi	δx_e	δx	$\Delta = \delta x_a - \delta x_b$	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Atap	4000	276.43	552.85	7.73	60	60	OK!
Lantai 16	4000	272.56	545.13	9.62	60	60	OK!
Lantai 15	4000	267.75	535.50	11.67	60	60	OK!
Lantai 14	4000	261.92	523.84	13.75	60	60	OK!
Lantai 13	4000	255.05	510.09	15.91	60	60	OK!
Lantai 12	4000	247.09	494.18	17.29	60	60	OK!
Lantai 11	4000	238.45	476.89	18.90	60	60	OK!
Lantai 10	4000	229.00	457.99	20.58	60	60	OK!
Lantai 9	4000	218.71	437.41	22.28	60	60	OK!
Lantai 8	4000	207.57	415.13	24.06	60	60	OK!
Lantai 7	4000	195.54	391.08	25.01	60	60	OK!
Lantai 6	4000	183.03	366.07	26.22	60	60	OK!
Lantai 5	4000	169.92	339.84	27.42	60	60	OK!
Lantai 4	4000	156.21	312.42	28.43	60	60	OK!
Lantai 3	4000	141.99	283.99	29.04	60	60	OK!
Lantai 2	5000	127.47	254.95	35.54	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	109.70	219.41	-	0	0	-

Pada Tabel 4.18 tersebut didapat nilai δx Lantai 1 sebesar $219,41 \text{ mm} \leq D'_M = 307 \text{ mm}$. Sehingga perpindahan maksimum base isolator memenuhi persyaratan.

Dari kedua tabel diatas dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai struktur isolasi dan perpindahan base isolator (δx Lantai 1) memenuhi syarat.

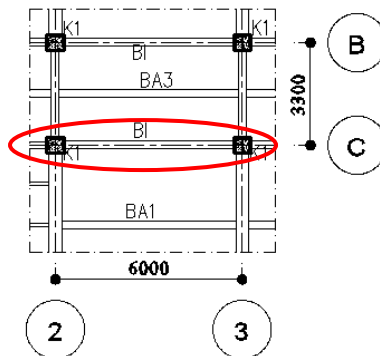
4.2.12. Perencanaan struktur utama

Pada Tugas Akhir ini, struktur utama menggunakan komposit baja-beton baik pada balok induk dan kolom. Komposit pada balok induk menggunakan stud sebagai penahan geser sekaligus untuk menjadikan pelat beton dan profil baja monolit,

sedangkan kolom juga menggunakan komposit baja terselubung beton dengan profil *kingcross*.

4.2.12.1. Perencanaan balok induk memanjang

Balok induk memanjang (BI) dipilih dengan mempertimbangkan gaya dalam paling kritis (Gambar 4.30). Balok induk memanjang direncanakan identik untuk seluruh lantai.



Gambar 4.30 Balok Induk Memanjang yang Ditinjau

Balok induk memanjang (BI) direncanakan dengan profil WF 500x200x11x19, dengan data sebagai berikut:

W	= 103 kg/m	A	= 131,3 cm ²
bf	= 201 mm	d	= 506 mm
tf	= 19 mm	tw	= 11 mm
r	= 20 mm	ix	= 20,7 cm
iy	= 4.43 cm	Ix	= 56500 cm ⁴
Iy	= 2580 cm ⁴	Sx	= 2230 cm ³
Sy	= 257 cm ³	Zx	= 2462 cm ³
Zy	= 398 cm ³	h	= d - 2(tf+r)
			= 428 mm
Lp	= 220,53 cm	lr	= 694,3 cm
Bahan :			
fy	= 2500 kg/cm ²	fu	= 4100 kg/cm ²
f'c	= 300 kg/cm ²	hr	= 5,3 cm

$$t_{\text{pelat}} = 9 - 5,3 = 3,7 \text{ cm}$$

$$L_{\text{balok}} = 600 \text{ cm}$$

$$\text{bentang (s)} = 267 \text{ cm}$$

a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban-beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek, dan beban pelat beton. Berdasarkan analisa SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{\text{max}} = 10000,44 \text{ kgm}$$

$$V_{\text{max}} = 6795,37 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{201}{2 \times 19} = 5,29$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2462 \times 2500$$

$$= 6155000 \text{ kgcm} = 61550 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$10000,44 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 61550 = 55395 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 200 \text{ cm}$$

$$L_p = 220,53 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 694,3 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$L_b < L_p \rightarrow$ bentang pendek

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 2462 \times 2500 \\ &= 6155000 \text{ kgcm} = 61550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$10000,44 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 61550 = 55395 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50,6 \times 1,1 \times 1 \\ &= 83490 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$6795,37 \text{ kg} \leq 1 \times 83490 \text{ kg} = 83490 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 600/360 = 1,67 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan SAP2000, didapatkan nilai lendutan yang terjadi (f_o) = 0,089 cm

$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,089 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm (OK!)}$$

b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban-beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek, dan beban pelat beton. Berdasarkan analisa SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{max} (+) = 41766,21 \text{ kgm}$$

$$M_{min} (-) = 45892,67 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 41539,96 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar Efektif

$$b_{eff} \leq 1/8 L = 1/8 \times 600 = 75 \text{ cm}$$

$$b_{eff} \leq 1/2 S = 133 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } b_{eff} = 75 \text{ cm}$$

- Kriteria Penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

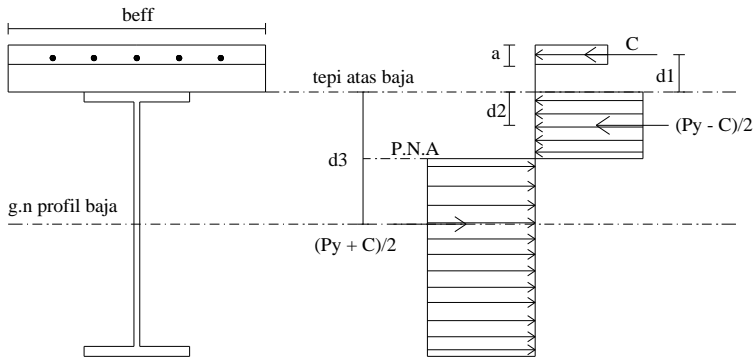
Sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- $C1 = 0,85 \times f_c \times t_{pelat} \times b_{eff}$
 $= 0,85 \times 300 \times 3,7 \times 75$
 $= 70762,5 \text{ kg (menentukan!)}$
- $C2 = A_s \times f_y$
 $= 131,3 \times 2500$
 $= 328250 \text{ kg}$
- $C = 70762,5 \text{ kg}$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada profil baja

- $a = \frac{C}{0,85 \times f_c \times b_{eff}} = \frac{70762,5}{0,85 \times 300 \times 75}$
 $= 3,7 \text{ cm}$
- $d1 = h_r + t_b - a/2$
 $= 5,3 + 3,7 - 3,7/2$
 $= 7,15 \text{ cm}$
- $(P_y - C)/2$

$$= \frac{(328250 - 70762,5)}{2} = 128743,75 \text{ kg}$$



Gambar 4.31 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

- Gaya pada sayap (Pf)

$$= bf \times tf \times fy$$

$$= 20,1 \times 1,9 \times 2500$$

$$= 95475 \text{ kg}$$
- Gaya pada badan (Pw)

$$= [(Py - C)/2] - Pf$$

$$= 128743,75 - 95475$$

$$= 33268,75 \text{ kg (garis netral di badan profil baja)}$$
- aw

$$= \frac{Pw}{tw \times fy} = \frac{33268,75}{1,1 \times 2500}$$

$$= 12,097 \text{ cm}$$
- d2

$$= \frac{Pf \times 0,5tf + Pw \times (0,5aw + tf)}{Pf + Pw}$$

$$= \frac{95475 \times 0,5 \times 1,9 + 33268,75 \times (0,5 \times 12,097 + 1,9)}{95475 + 33268,75}$$

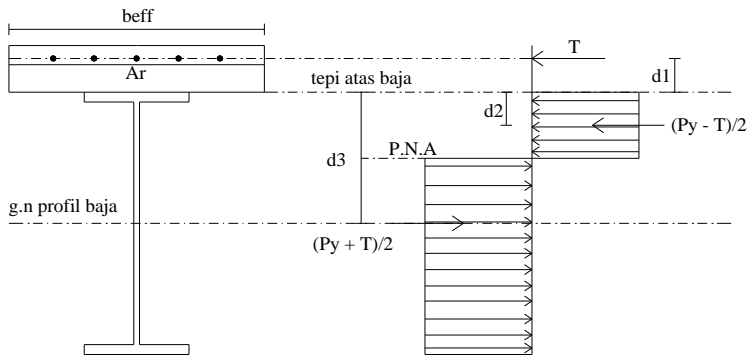
$$= 2,758 \text{ cm}$$
- d3

$$= D/2 = 50,6/2 = 25,3 \text{ cm}$$
- Mn

$$= C (d1 + d2) + Py (d3 - d2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 70762,5 (7,15 + 2,758) + 328250 (25,3 - 2,758) \\
 &= 8100376,8 \text{ kgcm} \\
 &= 81003,76 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0,9 \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 81003,76 = 72903,39 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &\geq M_u \\
 72903,39 \text{ kgm} &\geq 41766,21 \text{ kgm (OK!)}
 \end{aligned}$$

Zona Momen Negatif



Gambar 4.32 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

Data tulangan negatif pelat:

Diameter = 10 mm

Luas tulangan (A_r) = 0,7857 cm²

Jumlah tulangan = $beff / \text{jarak antar tulangan}$

= 750/160

= 4,68 tulangan, pakai 5 tulangan

Selimut beton (c) = 2 cm

Menghitung momen nominal

$$\begin{aligned}
 - T &= n \times A_r \times f_{ur} \text{ (akibat tulangan negatif pelat)} \\
 &= 5 \times 0,7857 \times 4100 \\
 &= 16107,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- $P_y = A_s \times f_y$
 $= 131,3 \times 2500$
 $= 328250 \text{ kg}$
- $(P_y - T)/_2 = (328250 - 16107,14)/_2 = 156071,43 \text{ kg}$
- Gaya pada sayap (P_f)
 $= b_f \times t_f \times f_y$
 $= 20,1 \times 1,9 \times 2500$
 $= 95475 \text{ kg}$
- Gaya pada badan (P_w)
 $= [(P_y - T)/_2] - P_f$
 $= 156071,43 - 95475$
 $= 60596,43 \text{ kg (garis netral di badan profil baja)}$
- $a_w = \frac{P_w}{t_w \times f_y} = \frac{60596,43}{1,1 \times 2500}$
 $= 22,035 \text{ cm}$
- $d_2 = \frac{P_f \times 0,5t_f + P_w \times (0,5a_w + t_f)}{P_f + P_w}$
 $= \frac{95475 \times 0,5 \times 1,9 + 60596,43 \times (0,5 \times 22,035 + 1,9)}{95475 + 60596,43}$
 $= 5,596 \text{ cm}$
- $d_3 = D/_2 = 50,6/_2 = 25,3 \text{ cm}$
- $d_1 = h_r + t_b - c$
 $= 5,3 + 3,7 - 2$
 $= 7 \text{ cm}$
- $M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2)$
 $= 16107,143(7 + 5,596) + 328350(25,3 - 5,596)$
 $= 6670559,83 \text{ kgcm}$
 $= 66705,59 \text{ kgm}$
- $\phi = 0,9$
- $\phi M_n = 0,9 \times 66705,59 = 60035,04 \text{ kgm}$
- $\phi M_n \geq M_u$
 $60035,04 \text{ kgm} \geq 45892,67 \text{ kgm (OK!)}$

Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50,6 \times 1,1 \times 1 \\ &= 83490 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$41539,96 \text{ kg} \leq 1 \times 83490 = 83490 \text{ kg (OK!)}$$

Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} - E_c &= 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \\ &= 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{30} \\ &= 27691,46 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$- n = E_s / E_c = 200000 / 27691,46 = 7,22$$

$$\begin{aligned} - b \text{ transformasi (btr)} \\ &= b_{eff} / n = 75 / 7,22 \\ &= 10,38 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - A \text{ transformasi (Atr)} \\ &= b \text{ transformasi} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 10,38 \times 3,7 = 38,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Y \text{ netral (dihitung dari atas)} \\ &= [Atr \times 0,5 t_{\text{pelat}} + A_s \times (d/2 + h_r + t_{\text{pelat}})] / (Atr + A_s) \\ &= [38,42 \times 0,5 \times 3,7 + 131,3 \times (25,3 + 5,3 + 3,7)] / (38,42 + 131,3) \\ &= 26,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$- I \text{ transformasi (Itr)}$$

$$\begin{aligned} I_x + A_s \left[\left(\frac{d}{2} + h_r + t_{\text{pelat}} \right) - Y_{na} \right]^2 + \frac{b_{tr} \times t_{\text{pelat}}^3}{12} + Atr \left(Y_{na} - \frac{h_r + t_{\text{pelat}}}{2} \right)^2 \\ 56500 + 131,3 [(25,3 + 5,3 + 3,7) - 26,95]^2 + \frac{10,38 \times 3,7^3}{12} + 38,42 \left(26,95 - \frac{9}{2} \right)^2 \end{aligned}$$

$$= 87843,17 \text{ cm}^4$$

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 600/360 = 1,67 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan SAP2000, didapatkan nilai lendutan balok baja yang terjadi (f_o) = 0,129 cm

Lendutan balok komposit ($f_{komposit}$),

$$= \frac{1/I_{tr}}{1/I_x} \times f_o = \frac{1/87843,17}{1/56500} \times 0,129 = 0,083 \text{ cm}$$

$$f_{komposit} < f_{ijin}$$

$$0,083 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm (OK!)}$$

c. Penghubung Geser

Pada Tugas Akhir ini penghubung geser direncanakan menggunakan tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f_c^{0,5}$$

$$= 0,043 \times 2400^{1,5} \times 30^{0,5}$$

$$= 27691,46 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c \times E_c} \leq R_g R_p A_{sc} f_u$$

$$Q_n = 0,5 \times 201,14 \sqrt{30 \times 27691,46}$$

$$= 91665,988 \text{ N}$$

$$= 9166,6 \text{ kg}$$

$$R_g \times R_p \times A_{sc} \times f_u$$

$$= 1 \times 0,75 \times 2,01 \times 4100$$

$$= 6185,14 \text{ kg (menentukan)}$$

Jumlah penghubung geser untuk zona momen positif jika dipasang dua penghubung geser dalam satu baris:

$$N = V'/2Q_n$$

$$= 70762,5 / (2 \times 6185,14)$$

$$= 5,72 \text{ buah, pakai 6 buah}$$

Dengan jarak antar penghubung geser,

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 16 = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{pelat}} = 8 \times 9 \text{ cm} = 72 \text{ cm} \\ = 90 \text{ cm}$$

$$S = (L/2)/N \\ = (600/2)/6 = 50 \text{ cm (OK!)}$$

Jumlah penghubung geser untuk zona momen negatif jika dipasang dua penghubung geser dalam satu baris:

$$N = V'/2Q_n \\ = 16107,14/(2 \times 6185,14) \\ = 1,3 \text{ buah,} \quad \text{pakai 2 buah}$$

$$\text{Dengan jarak antar penghubung geser,} \\ S_{\min.} = 6 \times d_s = 6 \times 16 = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{pelat}} = 8 \times 9 \text{ cm} = 72 \text{ cm} \\ = 90 \text{ cm}$$

$$S = (L/2)/N \\ = (600/2)/2 = 150 \text{ cm, pakai 70cm (OK!)}$$

Sehingga profil WF 500x200x11x19 dapat digunakan sebagai balok induk memanjang dengan jumlah penghubung geser seperti perhitungan diatas.

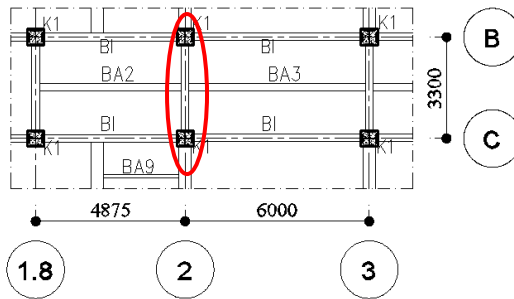
4.2.12.2. Perencanaan balok induk melintang

Balok induk melintang (BI) dipilih dengan mempertimbangkan gaya dalam paling kritis. Balok induk melintang juga direncanakan identik untuk seluruh lantai.

Balok induk melintang (BI) direncanakan dengan profil WF 500x200x11x19, dengan data sebagai berikut:

W	= 103 kg/m	A	= 131,3 cm ²
bf	= 201 mm	d	= 506 mm
tf	= 19 mm	tw	= 11 mm
r	= 20 mm	ix	= 20,7 cm
iy	= 4,43 cm	Ix	= 56500 cm ⁴
Iy	= 2580 cm ⁴	Sx	= 2230 cm ³
Sy	= 257 cm ³	Zx	= 2462 cm ³
Zy	= 398 cm ³	h	= d – 2(tf+r)

$$\begin{aligned}
 L_p &= 220,53 \text{ cm} & &= 428 \text{ mm} \\
 \text{Bahan :} & & & \\
 f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 & &f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 f'_c &= 300 \text{ kg/cm}^2 & &h_r = 5,3 \text{ cm} \\
 t_{\text{pelat}} &= 9 \text{ cm} & & \\
 L_{\text{balok}} &= 330 \text{ cm} & &\text{bentang (s)} = 600 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.33 Balok Induk Melintang yang Ditinjau

a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban-beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek, dan beban pelat beton. Berdasarkan analisa SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= 16607,7 \text{ kgm} \\
 V_{max} &= 10982,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

• Kontrol penampang

- Sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{201}{2 \times 19} = 5,29$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2462 \times 2500$$

$$= 6155000 \text{ kgcm} = 61550 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$16607,7 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 61550 = 55395 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 165 \text{ cm}$$

$$L_p = 220,53 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_r = 694,3 \text{ cm} \quad (\text{dari tabel } L_p \text{ \& } L_r)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2462 \times 2500$$

$$= 6155000 \text{ kgcm} = 61550 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$16607,7 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 61550 = 55395 \text{ kgm (OK!)}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 50,6 \times 1,1 \times 1 \\ &= 83490 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$10982,9 \text{ kg} \leq 1 \times 83490 \text{ kg} = 83490 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol lendutan

$$\text{Lendutan ijin } (f_{ijin}) = L/360 = 330/360 = 0,916 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan SAP2000, didapatkan nilai lendutan yang terjadi (f_o) = 0,313 cm

$$f_o < f_{ijin}$$

$$0,313 \text{ cm} < 0,916 \text{ cm (OK!)}$$

b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban-beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek, dan beban pelat beton. Berdasarkan analisa SAP2000, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{max} (+) = 50676,8 \text{ kgm}$$

$$M_{min} (-) = 53095,6 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 33516,5 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar Efektif

$$b_{eff} \leq 1/8 L = 1/8 \times 330 = 41,25 \text{ cm}$$

$$b_{eff} \leq 1/2 S = 300 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } b_{eff} = 41,25 \text{ cm}$$

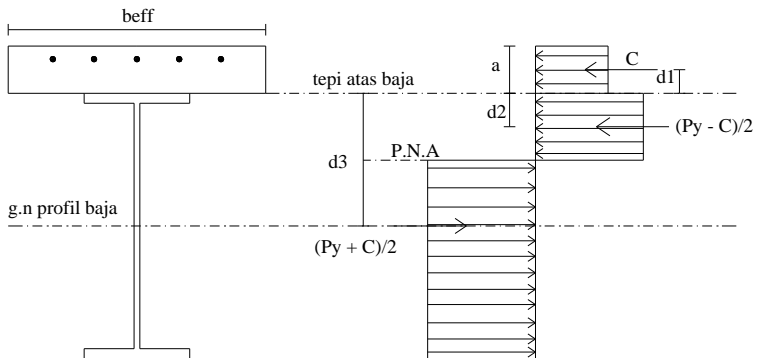
- Kriteria Penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.



Gambar 4.34 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang

- $C1 = 0,85 \times f'_c \times t_{\text{pelat}} \times beff$
 $= 0,85 \times 300 \times 9 \times 41,25$
 $= 94668,8 \text{ kg (menentukan!)}$
- $C2 = A_s \times f_y$
 $= 131,3 \times 2500$
 $= 328250 \text{ kg}$
- $C = 94668,8 \text{ kg}$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada profil baja

- $a = \frac{C}{0,85 \times f'_c \times beff} = \frac{94668,8}{0,85 \times 300 \times 41,25}$
 $= 9 \text{ cm}$
- $d1 = t_{\text{pelat}} - a/2$
 $= 9 - 9/2$

- = 4,5 cm
- $(P_y - C)/2$

$$= \frac{(328250 - 94668,8)}{2} = 116791 \text{ kg}$$
- Gaya pada sayap (Pf)

$$= b_f \times t_f \times f_y$$

$$= 20,1 \times 1,9 \times 2500$$

$$= 95475 \text{ kg}$$
- Gaya pada badan (Pw)

$$= [(P_y - C)/2] - P_f$$

$$= 116791 - 95475$$

$$= 21315,6 \text{ kg (garis netral di badan profil baja)}$$
- a_w

$$= \frac{P_w}{t_w \times f_y} = \frac{21315,6}{1,1 \times 2500}$$

$$= 7,75 \text{ cm}$$
- d_2

$$= \frac{P_f \times 0,5 t_f + P_w \times (0,5 a_w + t_f)}{P_f + P_w}$$

$$= \frac{95475 \times 0,5 \times 1,9 + 21315,6 \times (0,5 \times 7,75 + 1,9)}{95475 + 21315,6}$$

$$= 1,83 \text{ cm}$$
- d_3

$$= D/2 = 50,6/2 = 25,3 \text{ cm}$$
- M_n

$$= C (d_1 + d_2) + P_y (d_3 - d_2)$$

$$= 94668,8 (4,5 + 1,83) + 328250 (25,3 - 1,83)$$

$$= 8303112 \text{ kgcm}$$

$$= 83031,1 \text{ kgm}$$
- ϕ

$$= 0,9$$
- ϕM_n

$$= 0,9 \times 83031,1 = 74728 \text{ kgm}$$
- $\phi M_n \geq \mu_u$

$$74728 \text{ kgm} \geq 50676,8 \text{ kgm (OK!)}$$

Zona Momen Negatif

Data tulangan negatif pelat:

Diameter = 10 mm

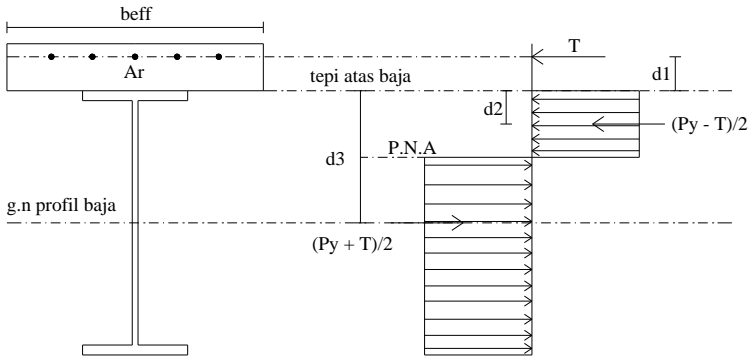
Luas tulangan (A_r) = 0,7857 cm²

Jumlah tulangan = $b_{eff} / \text{jarak antar tulangan}$

$$= 412,5 / 160$$

$$= 2,57 \text{ tulangan, pakai 3 tulangan}$$

Selimut beton (c) = 2 cm



Gambar 4.35 Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang

Menghitung momen nominal

- $T = n \times Ar \times f_{ur}$ (akibat tulangan negatif pelat)
 $= 3 \times 0,7857 \times 4100$
 $= 9664,29 \text{ kg}$
- $P_y = A_s \times f_y$
 $= 131,3 \times 2500$
 $= 328250 \text{ kg}$
- $(P_y - T)/2 = (328250 - 9664,29)/2 = 159293,43 \text{ kg}$
- Gaya pada sayap (P_f)
 $= b_f \times t_f \times f_y$
 $= 20,1 \times 1,9 \times 2500$
 $= 95475 \text{ kg}$
- Gaya pada badan (P_w)
 $= [(P_y - T)/2] - P_f$
 $= 159293,43 - 95475$
 $= 63817,9 \text{ kg}$ (garis netral di badan profil baja)

$$\begin{aligned}
 - \text{ aw} &= \frac{P_w}{t_w \times f_y} = \frac{63817,9}{1,1 \times 2500} \\
 &= 23,21 \text{ cm} \\
 - \text{ d2} &= \frac{P_f \times 0,5 t_f + P_w \times (0,5 a_w + t_f)}{P_f + P_w} \\
 &= \frac{95475 \times 0,5 \times 1,9 + 63817,9 \times (0,5 \times 23,21 + 1,9)}{95475 + 63817,9} \\
 &= 5,98 \text{ cm} \\
 - \text{ d3} &= D/2 = 50,6/2 = 25,3 \text{ cm} \\
 - \text{ d1} &= t_{\text{pelat}} - c \\
 &= 9 - 2 \\
 &= 7 \text{ cm} \\
 - \text{ Mn} &= T (d1 + d2) + P_y (d3 - d2) \\
 &= 9664,29 (7 + 5,98) + 328350 (25,3 - 5,98) \\
 &= 6467476 \text{ kgcm} \\
 &= 64674,76 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0,9 \\
 \phi \text{ Mn} &= 0,9 \times 64674,76 = 58207,3 \text{ kgm} \\
 \phi \text{ Mn} &\geq \text{Mu} \\
 58207,3 \text{ kgm} &\geq 53095,6 \text{ kgm (OK!)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{428}{11} = 38,91 \\
 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 \\
 \frac{h}{t_w} &< \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0 \\
 V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 50,6 \times 1,1 \times 1 \\
 &= 83490 \text{ kg} \\
 V_u &\leq \phi V_n \\
 33516,5 \text{ kg} &\leq 1 \times 83490 = 83490 \text{ kg (OK!)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

- $E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$
 $= 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{30}$
 $= 27691,46 \text{ MPa}$
- $n = E_s/E_c = 200000/27691,46 = 7,22$
- b transformasi (btr)
 $= b_{eff}/n = 41,25/7,22$
 $= 5,71 \text{ cm}$
- A transformasi (Atr)
 $= b \text{ transformasi} \times t \text{ pelat}$
 $= 5,71 \times 9 = 51,4 \text{ cm}^2$
- Y netral (dihitung dari atas)
 $= [Atr \times 0,5 t_{pelat} + A_s \times (d/2 + t_{pelat})]/(Atr + A_s)$
 $= [51,4 \times 0,5 \times 9 + 131,3 \times (25,3 + 9)]/(51,4 + 131,3)$
 $= 25,91 \text{ cm}$
- I transformasi (Itr)

$$I_x + A_s \left[\left(\frac{d}{2} + t_{pelat} \right) - Y_{na} \right]^2 + \frac{b_{tr} \times t_{pelat}^3}{12} + Atr \left(Y_{na} - \frac{t_{pelat}}{2} \right)^2$$

$$56500 + 131,3 [(25,3 + 9) - 25,91]^2 + \frac{5,71 \times 9^3}{12} + 51,4 \left(25,91 - \frac{9}{2} \right)^2$$

$$= 89651,6 \text{ cm}^4$$

Lendutan ijin (f_{ijin}) = $L/360 = 330/360 = 0,916 \text{ cm}$

Dari hasil perhitungan SAP2000, didapatkan nilai lendutan balok baja yang terjadi (f_o) = 0,521 cm

Lendutan balok komposit ($f_{komposit}$),

$$= \frac{1/I_{tr}}{1/I_x} \times f_o = \frac{1/89651,6}{1/56500} \times 0,521 = 0,328 \text{ cm}$$

$f_{komposit} < f_{ijin}$

0,328 cm < 0,916 cm (OK!)

c. Penghubung Geser

Pada Tugas Akhir ini penghubung geser direncanakan menggunakan tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_s &= 16 \text{ mm} \\
 A_{sc} &= 201,14 \text{ mm}^2 \\
 f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_c &= 0.043 \times W_c^{1,5} \times f_c^{0,5} \\
 &= 0,043 \times 2400^{1,5} \times 30^{0,5} \\
 &= 27691,46 \text{ Mpa} \\
 Q_n &= 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c \times E_c} \leq R_g R_p A_{sc} f_u \\
 Q_n &= 0,5 \times 201,14 \sqrt{30 \times 27691,46} \\
 &= 91665,988 \text{ N} \\
 &= 9166,6 \text{ kg} \\
 R_g \times R_p \times A_{sc} \times f_u \\
 &= 1 \times 0,75 \times 2,01 \times 4100 \\
 &= 6185,14 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser untuk zona momen positif jika dipasang dua penghubung geser dalam satu baris:

$$\begin{aligned}
 N &= V'/2Q_n \\
 &= 94668,8/(2 \times 6185,14) \\
 &= 7,84 \text{ buah, pakai 8 buah} \\
 \text{Dengan jarak antar penghubung geser,} \\
 S_{\min} &= 6 \times d_s = 6 \times 16 = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm} \\
 S_{\max} &= 8 \times t_{\text{pelat}} = 8 \times 9 \text{ cm} = 72 \text{ cm} \\
 &= 90 \text{ cm} \\
 S &= (L/2)/N \\
 &= (330/2)/8 = 20,6 \text{ cm, pakai 20 cm (OK!)}
 \end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser untuk zona momen negatif jika dipasang dua penghubung geser dalam satu baris:

$$\begin{aligned}
 N &= V'/2Q_n \\
 &= 9664,3/(2 \times 6185,14) \\
 &= 0,78 \text{ buah, pakai 2 buah} \\
 \text{Dengan jarak antar penghubung geser,} \\
 S_{\min} &= 6 \times d_s = 6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm} \\
 S_{\max} &= 8 \times t_{\text{pelat}} = 8 \times 9 \text{ cm} = 72 \text{ cm} \\
 &= 90 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= (L/2)/N \\
 &= (330/2)/2 = 82,5 \text{ cm, pakai } 70 \text{ cm (OK!)}
 \end{aligned}$$

Sehingga profil WF 500x200x11x19 dapat digunakan sebagai balok induk melintang dengan jumlah penghubung geser seperti perhitungan diatas.

4.2.12.3. Perencanaan kolom

Pada perencanaan kolom ini dipilih kolom dengan gaya dalam terbesar dari hasil SAP2000. Perhitungan kolom yang direncanakan adalah kolom K1 dengan profil *kingcross*, K700 x 300 x 13 x 24 dengan data sebagai berikut:

W	= 369,7 kg/m	A	= 471 cm ²
B	= 300 mm	H	= 700 mm
tf	= 24 mm	tw	= 13 mm
r	= 28 mm	ix	= 21,21 cm
iy	= 21,65 cm	Ix	= 211800 cm ⁴
Iy	= 220791 cm ⁴	Zx	= 6051,4 cm ³
Zy	= 6193,3 cm ³		

Bahan :

fy	= 2500 kg/cm ²	fu	= 4100 kg/cm ²
f'c	= 300 kg/cm ²	Es	= 200000 MPa

L kolom = 5 m

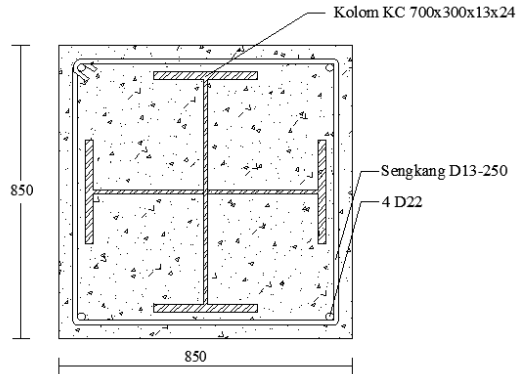
Penampang beton 85 x 85 cm²

Diameter tulangan utama = 22 mm, A = 3,803 cm²

Jumlah tulangan utama = 4 buah, Asr = 15,21 cm²

Diameter sengkang = 13 mm, spasi = 250 mm

Selimut beton = 4 cm



Gambar 4.36 Penampang Kolom Komposit K1

- Kontrol luas penampang minimum profil baja
 $A_s/A_g \geq 4\%$
 $385 / 85^2 = 0,0651 \geq 0,04$ (OK!)
- Kontrol spasi sengkang (SNI 1729:2015 pasal I2.1a (2))
 Spasi sengkang = 250 mm ≤ 406 mm (OK!)
 $\leq 0,5 \times 85 \times 10 = 425$ mm (OK!)
- Kontrol luas tulangan longitudinal
 $A_{sr} = 15,21 \geq 0,18 \times \text{spasi tulangan longitudinal}$
 $= 15,21 \geq 0,18 \times (85-2 \times 4-2 \times 1,3-2,2)$
 $= 15,21 \geq 12,996$ (OK!)
- Kontrol mutu bahan (SNI 1729:2015 pasal I1.3)
 Mutu beton yang digunakan $21 \text{ MPa} < f'_c < 70 \text{ MPa}$
 $21 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa}$ (OK!)
 Mutu tulangan yang digunakan, $f_y < 525 \text{ MPa}$
 $f_y = 250 \text{ MPa} < 525 \text{ MPa}$ (OK!)
- Kontrol kuat tekan
 Berdasarkan analisa SAP2000, diperoleh gya dalam maksimum pada kolom sebagai berikut:
 $M_{ux} = 20947,27 \text{ kgm}$
 $M_{uy} = 91876,42 \text{ kgm}$

$$Pu = 689225,88 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Pno &= Fy \times As + Fysr \times Asr + 0,85 \times f_c \times Ac \\ &= 2500 \times 471 + 2500 \times 15,21 + 0,85 \times 300 \times 85^2 \\ &= 30579035,71 \text{ N} \\ &= 3057903,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pe = \frac{\pi^2 (E I_{eff})}{(KL)^2}$$

$$Pe = \frac{\pi^2 (Es Is + 0,5 Es Isr + C1 Ec Ic)}{(KL)^2}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} C1 &= 0,1 + 2 \left(\frac{As}{Ac + As} \right) \leq 0,3 \\ &= 0,1 + 2 \left(\frac{471}{85 \times 85 + 471} \right) \leq 0,3 \\ &= 0,222 \leq 0,3 \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 0,043 \times Wc^{1,5} \times f_c^{0,5} \\ &= 0,043 \times 2400^{1,5} \times 30^{0,5} \\ &= 27691,46 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C1 \times Ec \times Ic &= 0,222 \times 27691,46 \times \frac{1}{12} \times 850^4 \\ &= 2,679 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2 \\ &= 2,679 \times 10^{11} \text{ kgcm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \times Es \times Isr &= 0,5 \times 200000 \times \left[\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \times \left(\frac{1}{2} \times (850 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 22) \right)^2 \right] \\ &= 4,955 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \\ &= 4,955 \times 10^9 \text{ kgcm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Es \times Is &= 2000000 \times 211800 \\ &= 4,236 \times 10^{11} \text{ kgcm}^2 \end{aligned}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 500)^2 = 250000 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} Pe &= \frac{\pi^2 (4,236 \times 10^{11} + 4,955 \times 10^9 + 2,679 \times 10^{11})}{250000} \\ &= 27517235,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pno/Pe

$$= 3057903,57 / 27517235,2$$

$$= 0,1111 \leq 2,25$$

Pn = Pno x (0,658^{Pno/Pe})

$$= 3057903,57 \times (0,658^{0,1111})$$

$$= 2918930,825 \text{ kg}$$

ϕ = 0,75

$$\phi Pn = 0,75 \times 2918930,825 = 2189198,12 \text{ kg}$$

$\phi Pn \geq Pu$

$$2189198,12 \text{ kg} \geq 689225,88 \text{ kg (OK!)}$$

- Kontrol kuat lentur

Menurut smith dalam Izzati, 2016, kontrol momen nominal kolom dihitung dengan persamaan berikut:

$$Mnc = F_y Z + \frac{1}{3} \left(5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} + \left(\frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1,7 f_c h} \right) A_w F_y \right)$$

Dimana,

$$C_r = 40 + 13 + (0,5 \times 22)$$

$$= 64 \text{ mm} = 6,4 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (700 \times 13) + (700 - 13) \times 13$$

$$= 18031 \text{ mm}^2 = 180,31 \text{ cm}^2$$

$$h = 85 \text{ cm}$$

Sehingga untuk sumbu X,

$F_y \times Z_x$

$$= 2500 \times 6051,4 = 15128500 \text{ kgcm}$$

$C_r \times A_{sr} \times F_{yr} \times 2$

$$= 6,4 \times 15,21 \times 2500 \times 2 = 486765,71 \text{ kgcm}$$

$A_w \times F_y$

$$= 180,31 \times 2500 = 450775 \text{ kg}$$

$A_w \times F_y / (1,7 \times f_c \times h)$

$$= 450775 / (1,7 \times 300 \times 85) = 10,398 \text{ cm}$$

$$Mnx = 15128500 + \frac{1}{3} \left(5 - 486765,71 + \left(\frac{85}{2} - 10,398 \right) 450775 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 19789764,23 \text{ kgcm} \\
 &= 197897,64 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0,9 \\
 \phi M_{nx} &= 0,9 \times 197897,64 = 178107,878 \text{ kgm} \\
 \phi M_{nx} &\geq M_{ux} \\
 178107,878 \text{ kgm} &\geq 20947,27 \text{ kgm (OK!)}
 \end{aligned}$$

Dan untuk sumbu Y,

$$\begin{aligned}
 F_y \times Z_y &= 2500 \times 6193,3 = 15483250 \text{ kgcm} \\
 C_r \times A_{sr} \times F_{yr} \times 2 &= 6,4 \times 15,21 \times 2500 \times 2 = 486765,71 \text{ kgcm} \\
 A_w \times F_y &= 180,31 \times 2500 = 450775 \text{ kg} \\
 A_w \times F_y / (1,7 \times f'_c \times h) &= 450775 / (1,7 \times 300 \times 85) = 10,398 \text{ cm} \\
 M_{ny} &= 15483250 + \frac{1}{3} \left(5 - 486765,71 + \left(\frac{85}{2} - 10,398 \right) 450775 \right) \\
 &= 20144514,23 \text{ kgcm} \\
 &= 201445,14 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0,9 \\
 \phi M_{ny} &= 0,9 \times 201445,14 = 181300,63 \text{ kgm} \\
 \phi M_{ny} &\geq M_{uy} \\
 181300,63 \text{ kgm} &\geq 91876,42 \text{ kgm (OK!)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_u = 689225,88 \text{ kg} \\
 P_c &= 0,9 P_n = 0,9 \times 2918930,825 = 2627037,74 \text{ kg} \\
 M_r &= M_u \\
 M_c &= 0,9 M_n \\
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{689225,88}{2627037,74} = 0,26 \geq 0,2
 \end{aligned}$$

Sehingga persamaan interaksi berdasar SNI 1729:2015 pasal H1.1 adalah sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

$$0,26 + \frac{8}{9} \left(\frac{20947,27}{178107,878} + \frac{91876,42}{181300,63} \right) = 0,817 \leq 1,00 \text{ (OK!)}$$

Profil K700x300x13x24 dapat digunakan sebagai kolom. Berikut adalah rekapitulasi kolom K1, K2, dan K3.

Tabel 4.19 Rekapitulasi Kolom

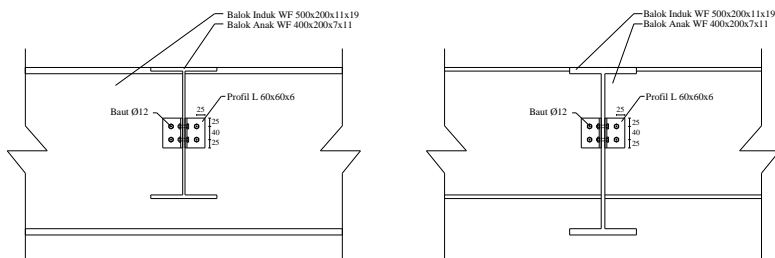
Nama	Profil Kolom	Ukuran Beton	Lantai
K1	K700x300x13x24	850x850	Lantai 1 - 6
K2	K600x200x11x17	750x750	Lantai 7 - 11
K3	K500x200x10x16	650x650	Lantai 12 - 16

4.3. Perencanaan Sambungan

4.3.1. Sambungan balok anak dengan balok induk

4.3.1.1. Sambungan balok anak atap dengan balok induk

Sambungan balok anak atap dengan balok induk ini direncanakan sebagai sambungan *simple connection*, karena balok anak yang merupakan struktur sekunder diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana (sendi). Sambungan ini menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak dengan penyambung profil siku 60x60x6.



Gambar 4.37 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Berikut adalah perhitungan sambungan BA8 - BI :

Balok anak WF 400x200x7x11, $t_w = 7 \text{ mm}$

Balok induk WF 500x200x11x19, $t_w = 11 \text{ mm}$

Pelat siku 60x60x6, $t_p = 6 \text{ mm}$

$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$ $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut tipe tumpu,

$f_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2$ $d_b = 12 \text{ mm}$

$A_b = 113,14 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$

$r_1 = 0,5$ (ulir tidak pada bidang geser)

$m = 2$ (dua bidang geser)

Gaya yang bekerja,

$V_u = 5392,89 \text{ kg}$

a. Sambungan pada badan balok anak:

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 5657,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5657,14 = 4242,86 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 8265,6 = 6199,2 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= 5392,89 / 4242,86 \\ &= 1,27 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 2 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \\ \text{Jarak ke tepi} &= 2d_b \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan balok induk:

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 5657,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5657,14 = 4242,86 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 1,1 \times 4100 \\ &= 12988,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 12988,8 = 9741,6 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= 5392,89 / 4242,86 \\ &= 1,27 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 2 buah baut

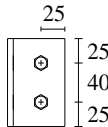
- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 2d_b \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung:

$$\begin{aligned} \text{d. lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang di bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.38 Detail Pelat Siku 60x60x6

- Kontrol leleh

$$A_g = (4 + 2 \times 2,5) \times 0,6 = 5,4 \text{ cm}^2$$

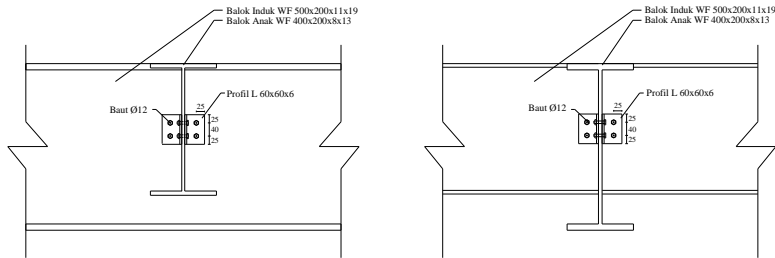
$$\begin{aligned}
 & Ag \times 0,9 \times f_y \times 0,6 \\
 & = 5,4 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6 \\
 & = 7290 \text{ kg} \\
 & - \text{Kontrol putus} \\
 & An = Ag - \Sigma d.lubang \times t_p \\
 & = 5,4 - 2 \times 1,35 \times 0,6 \\
 & = 3,78 \text{ cm}^2 \\
 & An \times 0,75 \times f_u \times 0,6 \\
 & = 3,78 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6 \\
 & = 6974,1 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!}) \\
 & \text{Ada dua pelat siku} \\
 & 2 \times 6974,1 = 13948,2 \text{ kg} \geq Vu = 5392,81 \text{ kg} \quad (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

Tabel 4.20 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut
BI - BA5	Badan BA5	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA6	Badan BA6	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA7	Badan BA7	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA8	Badan BA8	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12

4.3.1.2. Sambungan balok anak lantai dengan balok induk

Sambungan balok anak lantai dengan balok induk ini direncanakan sebagai sambungan *simple connection*, karena balok anak yang merupakan struktur sekunder diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana (sendi). Sambungan ini menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak dengan penyambung profil siku 60x60x6.



Gambar 4.39 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

Berikut adalah perhitungan sambungan BA4 :

Balok anak WF 400x200x8x13, $t_w = 8 \text{ mm}$

Balok induk WF 500x200x11x19, $t_w = 11 \text{ mm}$

Pelat siku 60x60x6, $t_p = 6 \text{ mm}$

$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut tipe tumpu,

$f_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$d_b = 12 \text{ mm}$

$A_b = 113,14 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$

$r_1 = 0,5$ (ulir tidak pada bidang geser)

$m = 2$ (dua bidang geser)

Gaya yang bekerja,

$V_u = 7327,23 \text{ kg}$

a. Sambungan pada badan balok anak:

- Kuat geser baut

$$V_n = r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b$$

$$= 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13$$

$$= 5657,14 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5657,14 = 4242,86 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$R_n = 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 2,4 \times 1,2 \times 8 \times 4100$$

$$= 9446,4 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 9446,4 = 7084,8 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= 7327,23 / 4242,86 \\ &= 1,72 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 2 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm} \\ \text{Jarak ke tepi} &= 2db \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai 2,5 cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan balok induk:

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 5657,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5657,14 = 4242,86 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 11 \times 4100 \\ &= 12988,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 12988,8 = 9741,6 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= 7327,23 / 4242,86 \\ &= 1,72 \text{ buah} \end{aligned}$$

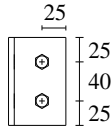
Dipakai 2 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm} \\ \text{Jarak ke tepi} &= 2db \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai 2,5 cm} \end{aligned}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung:

$$\begin{aligned} \text{d. lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang di bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.40 Detail Pelat Siku 60x60x6

- Kontrol leleh

$$A_g = (4 + 2 \times 2,5) \times 0,6 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_g \times 0,9 \times f_y \times 0,6 \\ = 5,4 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6 \\ = 7290 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol putus

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - \Sigma d.\text{lubang} \times t_p \\ &= 5,4 - 2 \times 1,35 \times 0,6 \\ &= 3,78 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n \times 0,75 \times f_u \times 0,6 \\ = 3,78 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6 \\ = 6974,1 \text{ kg} \end{aligned} \quad (\text{menentukan!})$$

Ada dua pelat siku

$$2 \times 6974,1 = 13948,2 \text{ kg} \geq V_u = 7327,23 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Tabel 4.21 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut
BI - BA1	Badan BA5	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA2	Badan BA6	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA3	Badan BA7	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA4	Badan BA8	L 60x60x6	2Ø12
	Badan BI	L 60x60x6	2Ø12
BI - BA9	Badan BA9	L 30x30x3	2Ø6
	Badan BI	L 30x30x3	2Ø6

4.3.2. Sambungan balok induk dengan kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan dengan sambungan tipe kaku (*rigid connection*). Dalam sambungan ini gaya dalam geser V_u dan momen M_u balok induk diperhitungkan.

Jenis sambungan rigid *T-connection* digunakan dalam perencanaan. Berikut contoh perhitungan sambungan balok induk dengan kolom K1.

Pada sambungan kaku, momen M_u dihitung menggunakan rumus $1,1 \times R_y \times M_p$.

$$M_u = 1,1 \times 1,5 \times 2462 \times 2500 = 10155750 \text{ kgcm} \\ = 101557 \text{ kgm}$$

Sedangkan momen M_u maksimum akibat beban kombinasi yang terjadi sebesar 53095,58 kgm, sehingga digunakan M_u maksimum akibat beban kombinasi karena pemasangan baut pada pelaksanaan lebih efisien (tidak boros). Berikut profil kolom dan balok induk pada perhitungan sambungan,

Kolom K1 K700x300x13x24

Balok induk WF 500x200x11x19

Gaya dalam yang bekerja,

$$Mu = 53095,58 \text{ kgm}$$

$$Vu = 41539,96 \text{ kg}$$

Akibat beban geser Vu

- a. Sambungan pada badan balok induk:

Direncanakan memakai alat penyambung sebagai berikut,

Pelat siku L 100x100x10

Baut A490 Ø30 (tanpa ulir pada bidang geser)

$$fub = 10350 \text{ kg/cm}^2, Ab = 7,07 \text{ cm}^2$$

- Kuat geser baut

$$Vn = r1 \times fub \times m \times Ab$$

$$= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 7,07$$

$$= 73189,29 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0,75 \times 73189,29 = 54891,96 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$Rn = 2,4 \times db \times tp \times fu$$

$$= 2,4 \times 3 \times 1,1 \times 4100$$

$$= 32472 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 32472 = 24354 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Jumlah baut

$$n = Vu / \phi Rn$$

$$= 41539,96 / 24354$$

$$= 1,71 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah baut

- Jarak baut

$$\text{Jarak antar baut} = 3db$$

$$= 3 \times 3 = 9 \text{ cm} \sim \text{pakai } 10 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5db$$

$$= 1,5 \times 3 = 4,5 \text{ cm} \sim \text{pakai } 5 \text{ cm}$$

- b. Sambungan pada sayap kolom:

Direncanakan memakai alat penyambung sebagai berikut,

Pelat siku L 100x100x10

Baut A490 Ø30 (tanpa ulir pada bidang geser)

$$fub = 10350 \text{ kg/cm}^2, Ab = 7,07 \text{ cm}^2$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r1 \times fub \times m \times Ab \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 7,07 \\ &= 36594,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 36594,6 = 27445,98 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 2,4 \times 3 \times 1 \times 4100 \\ &= 29520 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 29520 = 22140 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= (Vu/2)/\phi R_n \\ &= (41539,96/2)/22140 \\ &= 0,938 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 2 buah baut

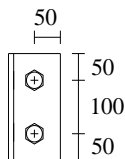
- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 3 = 9 \text{ cm} \sim \text{pakai } 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\ &= 1,5 \times 3 = 4,5 \text{ cm} \sim \text{pakai } 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

- c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung:

$$\begin{aligned} \text{d. lubang} &= 30 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang di bor)} \\ &= 31,5 \text{ mm} = 3,15 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.41 Detail Pelat Siku 100x100x10

- Kontrol leleh

$$A_g = (10 + 2 \times 5) \times 1 = 20 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 & Ag \times 0,9 \times f_y \times 0,6 \\
 & = 20 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6 \\
 & = 27000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol putus

$$\begin{aligned}
 A_n & = A_g - \sum d.lubang \times t_p \\
 & = 20 - 2 \times 3,15 \times 1 \\
 & = 13,7 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & A_n \times 0,75 \times f_u \times 0,6 \\
 & = 13,7 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6 \\
 & = 25276,5 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})
 \end{aligned}$$

Ada dua pelat siku

$$2 \times 25276,5 = 50553 \text{ kg} \geq V_u = 41539,96 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Akibat beban momen Mu

- a. Sambungan pada sayap kolom dengan sayap profil T:
Direncanakan memakai alat penyambung sebagai berikut,
Profil T 400x400x15x15,

$$\begin{aligned}
 A & = 194 \text{ mm} & t_w & = 15 \text{ mm} \\
 b_f & = 402 \text{ mm} & t_f & = 15 \text{ mm} \\
 r & = 22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Baut A490 Ø24 (tanpa ulir pada bidang geser)

$$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

- Gaya tarik akibat momen

$$\begin{aligned}
 T & = M_u / (2 \times d_{balok}) \\
 & = 53095,58 / (2 \times 0,506) \\
 & = 52465,99 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kuat tarik baut

$$\begin{aligned}
 T_n & = 0,75 \times f_{ub} \times A_b \\
 & = 0,75 \times 10350 \times 4,52 \\
 & = 35130,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi T_n = 0,75 \times 35130,86 = 26348,14 \text{ kg}$$

Digunakan 2 baut dalam 1 baris,

$$\begin{aligned}
 B & = 2 \times \phi T_n \\
 & = 2 \times 26348,14
 \end{aligned}$$

$$= 52696,3 \text{ kg} > T \quad (\text{OK!})$$

Agar gaya tarik akibat momen menjadi lebih kecil, diperlukan tambahan potongan profil I dibawah balok induk segingga lengan kopel menjadi lebih besar.

Lengan kopel rencana = 0,8 m

Tinggi tambahan = $0,8 - 0,506 = 0,294 \text{ m}$

T baru = $M_u / (2 \times d_{\text{balok}})$

$$= 53095,58 / (2 \times 0,8)$$

$$= 33184,74 \text{ kg} < B \quad (\text{OK!})$$

Dengan menggunakan profil T 400x400x15x15 maka,

$$c = r + 0,5 \text{ tw} = 22 + 0,5 \times 15 = 29,5 \text{ mm}$$

$$a + b = 0,5 \text{ bf} - c = 0,5 \times 402 - 29,5 = 171,5 \text{ mm}$$

$$b = 90 \text{ mm (rencana)}$$

$$a = 171,5 - 90 = 81,5 \text{ mm} \leq 1,25b = 112,5 \text{ mm} \quad (\text{OK!})$$

$$a' = a + 0,5 \text{ Ø baut} = 81,5 + 0,5 \times 24 = 93,5 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 \text{ Ø baut} = 90 - 0,5 \times 24 = 78 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{(W - \Sigma \phi_{\text{lubang}})}{W} = \frac{(201 - 2(24 + 1,5))}{201} = 0,746$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1 \right) \frac{a'}{b'} = \left(\frac{52696,3}{33184,74} - 1 \right) \frac{93,5}{78} = 0,705$$

$\beta < 1$, maka:

$$\alpha = 1 \quad (\text{menentukan!})$$

$$\alpha = \left(\frac{1}{\delta} \right) \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) = \left(\frac{1}{0,746} \right) \left(\frac{0,705}{1 - 0,705} \right) = 3,2$$

$$Q = T \left(\frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \left(\frac{b'}{a'} \right)$$

$$= 33184,74 \left(\frac{1 \times 0,746}{1 + 1 \times 0,746} \right) \left(\frac{78}{93,5} \right)$$

$$= 11830,57 \text{ kg}$$

T + Q

$$= 33184,74 + 11830,57$$

$$= 45015,3 \text{ kg} \leq B = 52696,3 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Tebal flens profil T yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 t_f &= \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot f_y \cdot (1 + \alpha \cdot \delta)}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 33184,74 \times 78}{0,9 \times 201 \times 250 (1 + 1 \times 0,746)}} \\
 &= 11,45 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm} \quad (\text{OK!})
 \end{aligned}$$

- b. Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok induk:
 Direncanakan memakai alat penyambung sebagai berikut,
 Profil T 400x400x15x15,

$$A = 194 \text{ mm} \quad t_w = 15 \text{ mm}$$

$$b_f = 402 \text{ mm} \quad t_f = 15 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

Baut A490 Ø24 (tanpa ulir pada bidang geser)

$$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\
 &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\
 &= 23420,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,57 = 17565,43 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 2,4 \times 2,4 \times 1,5 \times 4100 \\
 &= 35424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 35424 = 26568 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned}
 n &= 2T / \phi V_n \\
 &= 2 \times 33184,74 / 17565,43 \\
 &= 3,778 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

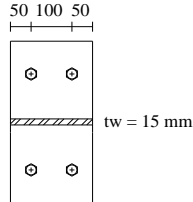
Dipakai 4 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\
 &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 7,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

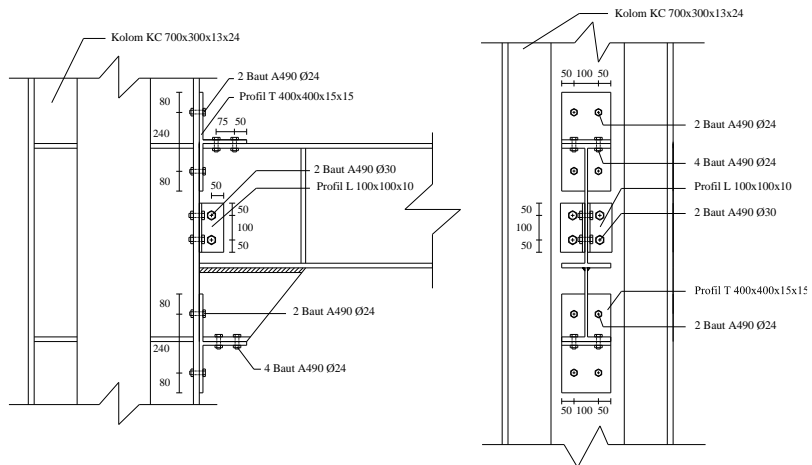
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\
 &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- c. Kontrol kekuatan badan profil T:
 d. lubang = 24 mm + 1,5 mm (lubang di bor)
 = 25,5 mm = 2,55 cm



Gambar 4.42 Detail profil T

- Kontrol leleh
 $A_g = 20,1 \times 1,5 = 30,15 \text{ cm}^2$
 $A_g \times 0,9 \times f_y$
 $= 30,15 \times 0,9 \times 2500$
 $= 67837,5 \text{ kg}$ (menentukan!)
 - Kontrol putus
 $A_n = A_g - \sum d_{\text{lubang}} \times t_p$
 $= 30,15 - 2 \times 2,55 \times 1,5$
 $= 22,5 \text{ cm}^2$
 $A_n \times 0,75 \times f_u$
 $= 22,5 \times 0,75 \times 4100$
 $= 69187,5 \text{ kg}$
- $67837,5 \text{ kg} \geq 2T = 66369,5 \text{ kg}$ (OK!)



Gambar 4.43 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K1

Berikut adalah rekapitulasi sambungan balok induk dengan kolom K1, K2, dan K3.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut A490
BI - K1	Badan BI	L 100x100x10	2Ø30
	Sayap BI	T 400x400x15x15	4Ø24
	Sayap K1	L 100x100x10	2Ø30
		T 400x400x15x15	4Ø24
BI - K2	Badan BI	L 100x100x10	2Ø30
	Sayap BI	T 400x400x15x15	4Ø24
	Sayap K2	L 100x100x10	2Ø30
		T 400x400x15x15	4Ø24
BI - K3	Badan BI	L 100x100x10	2Ø30
	Sayap BI	T 400x400x15x15	4Ø24
	Sayap K3	L 100x100x10	2Ø30
		T 400x400x15x15	4Ø24

4.3.3. Sambungan antar kolom

4.3.3.1. Sambungan antar kolom seragam

Direncanakan tiga jenis sambungan antar kolom seragam, yaitu sambungan antar kolom K1, antar kolom K2, dan antar kolom K3. Berikut adalah contoh perhitungan sambungan antar kolom K1.

Didapatkan hasil dari SAP2000 gaya dalam yang bekerja pada kolom K1 sebesar:

$$Mu_x = 20947,3 \text{ kgm}$$

$$Mu_y = 91876,4 \text{ kgm}$$

$$Pu = 689226 \text{ kg}$$

$$Vu_x = 6915,21 \text{ kg}$$

$$Vu_y = 29398,5 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom K1} = \text{K } 700 \times 300 \times 13 \times 24$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2, f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2, E = 200000 \text{ MPa}$$

Alat penyambung yang digunakan adalah baut A490 (tanpa ulir pada bidang geser) dan pelat penyambung dengan tebal 12 mm.

Baut tipe A490:

$$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$\text{Ø}24, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ø}30, A_b = 7,07 \text{ cm}^2$$

Pembagian beban aksial:

Pu badan

$$= \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \cdot Pu = \frac{(2 \times (70 - 2 \times 2,4) \times 1,3)}{471} \cdot 689226 = 248063 \text{ kg}$$

Pu sayap

$$= Pu - Pu_{\text{badan}}$$

$$= 689226 - 248063$$

$$= 441163 \text{ kg}$$

Sambungan arah X

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{\text{ux}} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (70 - 2 \times 2,4)^3}{211800} \cdot 20947,3 = 2969,66$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{\text{ux}} - M_{\text{u badan}} \\ &= 20957,3 - 2969,66 \\ &= 17977,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= M_{\text{u sayap}} / d \\ &= 17977,6 / 0,7 \\ &= 25682,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (P_{\text{u sayap}}/4) \\ &= 25682,3 + (441163/4) \\ &= 135973 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\ &= 23420,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,57 = 17565,43 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 28339,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 28339,2 = 21254,4 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= P_{\text{u total}} / \phi V_n \\ &= 135973 / 17565,43 \\ &= 7,74 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}\end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\ &= 46841,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 30700,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 30700,8 = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned}M_u &= (M_u \text{ badan} + V_{u_x} \times e) \\ &= (2969,66 + 6915,21 \times 0,08) \\ &= 3522,87 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 3522,87}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 23025}} = 3,7 \text{ buah}$$

pakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \\ \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tw ke pelat} = 7,225 \text{ cm}$$

Akibat P_u :

$$K_{UH1} = \frac{P_u \text{ badan}}{2 \times n} = \frac{248063}{2 \times 8} = 15503,9 \text{ kg}$$

Akibat V_u :

$$K_{UV1} = \frac{V_{u_x}}{n} = \frac{6915,21}{8} = 864,4 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times (8/2)^2 = 128 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (8/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 1982,41 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 128 + 1982,41 = 2110,41 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{\text{Mu} \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{352287 \times (8/2)}{2110,41} = 667,715 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{\text{Mu} \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{352287 \times (7,225 + 8 + 4)}{2110,41} = 3209,21 \text{ kg}$$

$K_{U\text{TOTAL}}$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\Sigma K_{uv})^2 + (\Sigma K_{uh})^2} \\ &= \sqrt{(864,4 + 667,715)^2 + (15503,9 + 3209,21)^2} \\ &= 18775,7 \text{ kg} \leq R_u = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Sambungan arah Y

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{uy} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (70 - 2 \times 2,4)^3}{220791} \cdot 91876,4 = 12494,75$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{uy} - \text{Mu badan} \\ &= 91876,4 - 12494,75 \\ &= 79381,67 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø30

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= \text{Mu sayap} / d \\ &= 79381,67 / 0,7 \\ &= 113402,385 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (\text{Pu sayap}/4) \\ &= 113402,385 + (441163/4) \\ &= 223693,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 7,07 \\ &= 36594,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 36594,64 = 27445,98 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 3 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 35424 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 35424 = 26568 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= P_u \text{ total} / \phi R_n \\ &= 223693,16 / 26568 \\ &= 8,42 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 10 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 3 = 9 \text{ cm} \sim \text{pakai } 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\ &= 1,5 \times 3 = 4,5 \text{ cm} \sim \text{pakai } 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\ &= 46841,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 30700,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 30700,8 = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= (M_u \text{ badan} + V_{u_y} \times e) \\ &= (12494,75 + 29398,5 \times 0,12) \\ &= 16022,573 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6Mu}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 16022,573}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 23025}} = 7,88 \text{ buah}$$

pakai 12 buah baut

- Jarak baut

Jarak antar baut = 3db

$$= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 8 \text{ cm}$$

Jarak ke tepi = 1,5db

$$= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm}$$

Jarak tw ke pelat = 7,225 cm

Akibat Pu:

$$K_{UH1} = \frac{Pu \text{ badan}}{2 \times n} = \frac{248063}{2 \times 12} = 10335,95 \text{ kg}$$

Akibat Vu:

$$K_{UV1} = \frac{Vu}{n} = \frac{29398,5}{12} = 2449,9 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times 8^2 = 512 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (12/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 2973,61 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 512 + 2973,61 = 3485,61 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{Mu \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1602257,3 \times (8)}{3485,61} = 3677,42 \text{ kg}$$

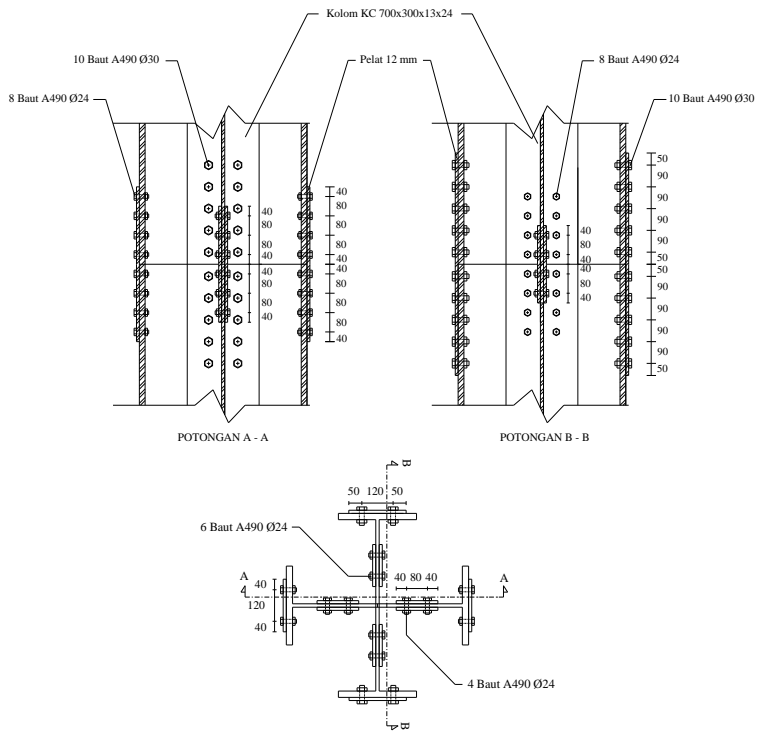
$$K_{UH2} = \frac{Mu \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1602257,3 \times (7,225 + 8 + 4)}{3485,61} = 8837,31 \text{ kg}$$

Ku_{TOTAL}

$$= \sqrt{(\Sigma K_{uv})^2 + (\Sigma K_{uh})^2}$$

$$= \sqrt{(2449,9 + 3677,42)^2 + (10335,95 + 8837,31)^2}$$

$$= 20128,53 \text{ kg} \leq Ru = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$



Gambar 4.44 Sambungan Antar Kolom K1

Berikut adalah rekapitulasi sambungan antar kolom K1, K2, dan K3.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Sambungan Antar Kolom Seragam

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut A490
K1 - K1	Badan K1 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Sayap K1 - X		8Ø24
	Badan K1 - Y		12Ø24
	Sayap K1 - Y		10Ø30
K2 - K2	Badan K2 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Sayap K2 - X		4Ø24
	Badan K2 - Y		12Ø24
	Sayap K2 - Y		8Ø24
K3 - K3	Badan K3 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Sayap K3 - X		4Ø24
	Badan K3 - Y		8Ø24
	Sayap K3 - Y		4Ø24

4.3.3.2. Sambungan antar kolom tidak seragam

Direncanakan dua jenis sambungan antar kolom tidak seragam, yaitu sambungan antar kolom K1 – K2, dan antar kolom K2 – K3. Berikut adalah contoh perhitungan sambungan antar kolom K1 – K2.

Didapatkan hasil dari SAP2000 gaya dalam yang bekerja pada kolom K2 sebesar:

$$Mu_x = 8950,48 \text{ kgm}$$

$$Mu_y = 42043,22 \text{ kgm}$$

$$Pu = 400968,9 \text{ kg}$$

$$Vu_x = 3749,9 \text{ kg}$$

$$Vu_y = 18417,72 \text{ kg}$$

Bagian Kolom K1

Kolom K1 = K 700x300x13x24

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $E = 200000 \text{ MPa}$

Alat penyambung yang digunakan adalah baut A490 (tanpa ulir pada bidang geser) dan pelat penyambung dengan tebal 12 mm.

Baut tipe A490:

$$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2 \quad r_1 = 0,5$$

$$\varnothing 24, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

Pembagian beban aksial:

Pu badan

$$= \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \cdot P_u = \frac{(2 \times (70 - 2 \times 2,4) \times 1,3)}{471} \cdot 400968,9 = 144314,7$$

kg

Pu sayap

$$\begin{aligned} &= P_u - P_u \text{ badan} \\ &= 400968,9 - 144314,7 \\ &= 256654,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sambungan arah X

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{ux} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (70 - 2 \times 2,4)^3}{211800} \cdot 8950,48 = 1268,89$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{ux} - M_u \text{ badan} \\ &= 8950,48 - 1268,89 \\ &= 7681,59 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 $\varnothing 24$

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= M_u \text{ sayap} / d \\ &= 7681,59 / 0,7 \\ &= 10973,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (P_u \text{ sayap} / 4) \\ &= 10973,69 + (256654,1 / 4) \end{aligned}$$

$$= 75137,23 \text{ kg}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\ &= 23420,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,57 = 17565,43 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 28339,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 28339,2 = 21254,4 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= P_u \text{ total} / \phi V_n \\ &= 75137,23 / 17565,43 \\ &= 4,28 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 6 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\ &= 46841,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 30700,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 30700,8 = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= (\text{Mu badan} + \text{Vu}_x \times e) \\ &= (1268,89 + 3749,9 \times 0,08) \\ &= 1568,89 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6\text{Mu}}{\mu\text{Ru}}} = \sqrt{\frac{6 \times 1568,89}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 23025}} = 2,46 \text{ buah}$$

pakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3\text{db} \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5\text{db} \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tw ke pelat} = 7,225 \text{ cm}$$

Akibat Pu:

$$K_{UH1} = \frac{\text{Pu badan}}{2 \times n} = \frac{144314,7}{2 \times 8} = 9019,67 \text{ kg}$$

Akibat Vu:

$$K_{UV1} = \frac{\text{Vu}_x}{n} = \frac{3749,9}{8} = 468,74 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times (8/2)^2 = 128 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (8/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 1982,41 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 128 + 1982,41 = 2110,41 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{\text{Mu} \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{15688,6 \times (8/2)}{2110,41} = 297,36 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{\text{Mu} \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{15688,6 \times (7,225 + 8 + 4)}{2110,41} = 1429,196 \text{ kg}$$

$K_{U\text{TOTAL}}$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\Sigma K_{Uv})^2 + (\Sigma K_{Uh})^2} \\ &= \sqrt{(468,74 + 297,36)^2 + (9019,67 + 1429,196)^2} \\ &= 10476,92 \text{ kg} \leq \text{Ru} = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Sambungan arah Y

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{\text{uy}} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (70 - 2 \times 2,4)^3}{220791} \cdot 42043,22 = 5717,68$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{\text{uy}} - \text{Mu badan} \\ &= 42043,22 - 5717,68 \\ &= 36325,54 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= \text{Mu sayap} / d \\ &= 36325,54 / 0,7 \\ &= 51893,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (\text{Pu sayap}/4) \\ &= 51893,64 + (256654,1/4) \\ &= 116057,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_l \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\ &= 23420,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,57 = 17565,43 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 28339,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 28339,2 = 21254,4 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= \text{Pu total} / \phi R_n \\ &= 116057,17 / 17565,43 \\ &= 6,6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\text{Jarak antar baut} = 3d_b$$

$$\begin{aligned}
 &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \\
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\
 &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}
 \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\
 &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\
 &= 46841,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 2,4 \times 2,4 \times 1,3 \times 4100 \\
 &= 30700,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 30700,8 = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned}
 M_u &= (M_u \text{ badan} + V_{u_y} \times e) \\
 &= (5717,68 + 18417,72 \times 0,08) \\
 &= 7191,09 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 7191,09}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 23025}} = 5,28 \text{ buah}$$

pakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\
 &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \\
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\
 &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } t_w \text{ ke pelat} = 7,225 \text{ cm}$$

Akibat P_u :

$$K_{UH1} = \frac{P_u \text{ badan}}{2 \times n} = \frac{144314,7}{2 \times 8} = 9019,67 \text{ kg}$$

Akibat V_u :

$$K_{UV1} = \frac{V_{uy}}{n} = \frac{18417,72}{8} = 2302,22 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times (8/2)^2 = 128 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (8/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 1982,41 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 128 + 1982,41 = 2110,41 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{Mu \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{719109,3 \times (8/2)}{2110,41} = 1362,98 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{Mu \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{719109,3 \times (7,225 + 8 + 4)}{2110,41} = 6550,82 \text{ kg}$$

K_{UTOTAL}

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\Sigma K_{uv})^2 + (\Sigma K_{uh})^2} \\ &= \sqrt{(2302,22 + 1362,98)^2 + (9019,67 + 6550,82)^2} \\ &= 15996,05 \text{ kg} \leq R_u = 23025,6 \text{ kg} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Bagian Kolom K2

Kolom K2 = K 600x200x11x17

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $E = 200000 \text{ MPa}$

Alat penyambung yang digunakan adalah baut A490 (tanpa ulir pada bidang geser), pelat penyambung dengan tebal 12 mm, dan pelat pengisi dengan tebal 50 mm.

Baut tipe A490:

$$f_{ub} = 10350 \text{ kg/cm}^2 \quad r_1 = 0,5$$

$$\varnothing 24, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

Pembagian beban aksial:

P_u badan

$$= \frac{A_{badan}}{A_{profil}} \cdot P_u = \frac{(2 \times (60 - 2 \times 1,7) \times 1,1)}{268,8} \cdot 400968,9 = 185746 \text{ kg}$$

P_u sayap

$$\begin{aligned} &= P_u - P_u \text{ badan} \\ &= 400968,9 - 185746 \\ &= 215222 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sambungan arah X

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{\text{ux}} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (60 - 2 \times 1,7)^3}{79880} \cdot 8950,48 = 1862,38$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{\text{ux}} - \text{Mu badan} \\ &= 8950,48 - 1862,38 \\ &= 7088,1 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= \text{Mu sayap} / d \\ &= 7088,1 / 0,6 \\ &= 11813,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (\text{Pu sayap}/4) \\ &= 11813,5 + (215222/4) \\ &= 65619,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\ &= 23420,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,6 = 17565,4 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 28339,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 28339,2 = 21254,4 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= \text{Pu total} / \phi V_n \\ &= 65619,1 / 17565,4 \\ &= 3,74 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 4 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3db \\
 &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \\
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\
 &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}
 \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\
 &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\
 &= 46841,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \times db \times t_p \times f_u \\
 &= 2,4 \times 2,4 \times 1,1 \times 4100 \\
 &= 25977,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 25977,6 = 19483,2 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned}
 M_u &= (M_u \text{ badan} + V_{u_x} \times e) \\
 &= (1862,38 + 3749,9 \times 0,08) \\
 &= 2162,38 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 2162,38}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 19483,2}} = 3,15 \text{ buah}$$

pakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3db \\
 &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai 8 cm} \\
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\
 &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai 4 cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } t_w \text{ ke pelat} = 7,225 \text{ cm}$$

Akibat P_u :

$$K_{UH1} = \frac{P_u \text{ badan}}{2 \times n} = \frac{185746}{2 \times 8} = 11609,2 \text{ kg}$$

Akibat V_u :

$$K_{UV1} = \frac{V_{ux}}{n} = \frac{3749,9}{8} = 468,74 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times (8/2)^2 = 128 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (8/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 1982,41 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 128 + 1982,41 = 2110,41 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{Mu \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{216238 \times (8/2)}{2110,41} = 409,85 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{Mu \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{216238 \times (7,225 + 8 + 4)}{2110,41} = 1969,84 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} K_{uTOTAL} &= \sqrt{(\Sigma K_{uv})^2 + (\Sigma K_{uh})^2} \\ &= \sqrt{(468,74 + 409,85)^2 + (11609,2 + 1969,84)^2} \\ &= 13607,4 \text{ kg} \leq Ru = 19483,2 \text{ kg} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Sambungan arah Y

Pembagian beban momen:

Mu badan

$$= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_{uy} = \frac{1/12 \times 1,3 \times (60 - 2 \times 1,7)^3}{83229} \cdot 42043,2 = 8396,19$$

kgm

Mu sayap

$$\begin{aligned} &= M_{uy} - Mu_{\text{badan}} \\ &= 42043,2 - 8396,19 \\ &= 33647,03 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Gaya kopel sayap (T)

$$\begin{aligned} T &= Mu_{\text{sayap}} / d \\ &= 33647,03 / 0,6 \\ &= 56078,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pu total (sayap)

$$\begin{aligned} &= T + (Pu_{\text{sayap}}/4) \\ &= 56078,39 + (215222/4) \end{aligned}$$

$$= 109884 \text{ kg}$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 1 \times 4,52 \\ &= 23420,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 23420,6 = 17565,4 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 28339,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 28339,2 = 21254,4 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= P_u \text{ total} / \phi V_n \\ &= 109884 / 17565,4 \\ &= 6,25 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 8 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5d_b \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Pada sambungan ini digunakan baut A490 Ø24

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 4,52 \\ &= 46841,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 46841,1 = 35130,9 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 1,1 \times 4100 \\ &= 25977,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 25977,6 = 19483,2 \text{ kg} \quad (\text{menentukan!})$$

- Momen yang bekerja di titik berat sambungan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= (\text{Mu badan} + \text{Vu}_y \times e) \\ &= (8396,19 + 18417,7 \times 0,12) \\ &= 10606,31 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Perkiraan jumlah baut (n)

$$n = \sqrt{\frac{6\text{Mu}}{\mu\text{Ru}}} = \sqrt{\frac{6 \times 10606,31}{0,08 \times 1,2 \times 0,7 \times 19483,2}} = 6,97 \text{ buah}$$

pakai 12 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3\text{db} \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5\text{db} \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tw ke pelat} = 7,225 \text{ cm}$$

Akibat Pu:

$$K_{UH1} = \frac{\text{Pu badan}}{2 \times n} = \frac{185746}{2 \times 12} = 7739,43 \text{ kg}$$

Akibat Vu:

$$K_{UV1} = \frac{\text{Vu}_y}{n} = \frac{18417,7}{12} = 1534,81 \text{ kg}$$

Akibat Mu:

$$\Sigma x^2 = 8 \times (8)^2 = 512 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = (12/2) \times ((7,225 + 4)^2 + (7,225 + 4 + 8)^2) = 2973,61 \text{ cm}^2$$

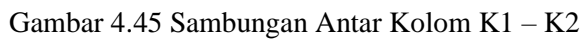
$$\Sigma(x^2 + y^2) = 512 + 2973,61 = 3485,61 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{\text{Mu} \times x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1060631,2 \times (8)}{3485,61} = 2434,31 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{\text{Mu} \times y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1060631,2 \times (7,225 + 8 + 4)}{3485,61} = 5849,95 \text{ kg}$$

K_{UTOTAL}

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\Sigma K_{Uv})^2 + (\Sigma K_{Uh})^2} \\ &= \sqrt{(1534,81 + 2434,31)^2 + (7739,43 + 5849,95)^2} \\ &= 14157,17 \text{ kg} \leq \text{Ru} = 19483,2 \text{ kg} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Sambungan Antar Kolom K1 – K2

Berikut adalah rekapitulasi sambungan antar kolom K1 – K2 dan K2 – K3.

Tabel 4.24 Rekapitulasi Sambungan Antar Kolom Tidak Seragam

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut A490
K1 - K2	Badan K1 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Badan K1 - Y		8Ø24
	Sayap K1 - X		6Ø24
	Sayap K1 - Y		8Ø24
	Badan K2 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Badan K2 - Y		12Ø24
	Sayap K2 - X	Pelat 12 mm + Pelat 50 mm	4Ø24
	Sayap K2 - Y		8Ø24
K2 - K3	Badan K2 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Badan K2 - Y		8Ø24
	Sayap K2 - X		4Ø24
	Sayap K2 - Y		4Ø24
	Badan K3 - X	pelat 12 mm	8Ø24
	Badan K3 - Y		8Ø24
	Sayap K3 - X	Pelat 12 mm + Pelat 50 mm	4Ø24
	Sayap K3 - Y		4Ø24

4.3.4. Sambungan balok induk dengan pedestal

Sambungan balok induk dengan pedestal direncanakan dengan sambungan tipe kaku (*rigid connection*). Dalam sambungan ini gaya dalam geser V_u dan momen M_u balok induk diperhitungkan. Digunakan baut angkur untuk menyambung balok induk baja dengan beton.

Jenis sambungan rigid *extended end plate* tanpa pengaku digunakan dalam perhitungan sambungan balok induk dengan pedestal. Berikut perhitungannya,

Profil balok WF 500x200x11x19

bf = 201 mm

tf = 19 mm

d = 506 mm

tw = 11 mm

$$r = 20 \text{ mm}$$

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{End plate, } t_p = 20 \text{ mm}$$

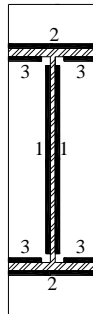
Gaya dalam yang bekerja,

$$M_u = 48852,5 \text{ kgm}$$

$$V_u = 39490,69 \text{ kg}$$

Sambungan las

Sambungan las ini menghubungkan balok induk dengan *extended end plate*. Digunakan mutu las F_{E110xx} dan $t_e = 1 \text{ cm}$



Gambar 4.46 Sambungan Las *Extended End Plate*

$$A_{\text{las}} = (2 \times 1 \times 20,1) + (4 \times 1 \times (20,1 - 1,1 - 2 \times 2)/2) + (2 \times 1 \times (50,6 - 2 \times 1,9 - 2 \times 2))$$

$$= 155,8 \text{ cm}^2$$

$$I_1 = 2 \times (1/12 \times 1 \times (50,6 - 2 \times 1,9 - 2 \times 2)^3)$$

$$= 13067,1 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = 2 \times (1/12 \times 20,1 \times 1^3 + 20,1 \times 1 \times 25,3^2)$$

$$= 25735 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = 4 \times (1/12 \times (20,1 - 2 \times 2 - 1,1)/2 \times 1^3 + (20,1 - 2 \times 2 - 1,1)/2 \times 1 \times ((50,6 - 2 \times 1,9)/2)^2)$$

$$= 16429,3 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{total}} = 13067,1 + 25735 + 16429,3$$

$$\begin{aligned}
 &= 55231,4 \text{ cm}^4 \\
 y &= 50,6 / 2 = 25,3 \text{ cm} \\
 S_x &= I_x / y \\
 &= 55231,4 / 25,3 = 2183,06 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akibat beban sentris (fv)} & \\
 &= V_u / A \\
 &= 39490,69 / 193,6 \\
 &= 253,47 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akibat beban tak sentris (fh)} & \\
 &= M_u / S_x \\
 &= 4885250 / 2183,06 \\
 &= 2237,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f \text{ total} &= \sqrt{fv^2 + fh^2} \\
 &= \sqrt{253,47^2 + 2237,8^2} \\
 &= 2252,11 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat rencana las (fu las)} & \\
 fu \text{ las} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E110xx} \times 70,3 \times 1 \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1 \\
 &= 3479,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 te &= f \text{ total} / fu \text{ las} \\
 &= 2252,11 / 3479,85 \\
 &= 0,647 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= te / 0,707 \\
 &= 0,647 / 0,707 = 0,915 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$a \text{ min.} = 6 \text{ mm (t pelat maksimum} = 2 \text{ cm)}$$

$$\begin{aligned}
 a \text{ eff. maksimum} & \\
 &= 1,41 \times fu / F_{E110xx} \times tp \\
 &= 1,41 \times 4100 / (110 \times 70,3) \times 2 \\
 &= 1,495 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } a = 1 \text{ cm}$$

Sambungan baut angkur

Sambungan baut angkur ini menghubungkan antara *end plate* dengan beton. Digunakan baut angkur A325 (tanpa ulir pada bidang geser) dengan data seperti berikut,

$$fub = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Ø}24, Ab = 4,52 \text{ cm}^2$$

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} Vn &= r1 \times fub \times m \times Ab \\ &= 0,5 \times 8250 \times 1 \times 4,52 \\ &= 18668,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi Vn = 0,75 \times 18668,57 = 14001,43 \text{ kg (menentukan!)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} Rn &= 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 2,4 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \\ &= 47232 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 47232 = 35424 \text{ kg}$$

- Kuat tarik baut

$$\begin{aligned} Tn &= 0,75 \times fub \times Ab \\ &= 0,75 \times 8250 \times 4,52 \\ &= 28002,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi Tn = 0,75 \times 28002,86 = 21002,14 \text{ kg}$$

- Jumlah baut

$$\begin{aligned} n &= Vu / \phi Vn \\ &= 39490,69 / 14001,43 \\ &= 2,82 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai 14 buah baut

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ cm} \sim \text{pakai } 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \\ &= 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 5,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Kontrol tarik (interaksi dengan geser)

$$\begin{aligned} fuv &= Vu / Ab \\ &= 39490,69 / 4,52 \\ &= 8725,85 \text{ kg/cm}^2 \leq 0,75 \times 0,5 \times 8250 = 3093,75 \text{ kg/cm}^2 \\ &\text{(NOT OK!)} \end{aligned}$$

Pakai $3093,75 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} f_t &= 1,3 f_{ub} - 1,5 f_{uv} \\ &= 1,3 \times 8250 - 1,5 \times 3093,75 \\ &= 6084,38 \text{ kg/cm}^2 \leq f_{ub} = 8250 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi \times f_t \times A_b \\ &= 0,75 \times 6084,38 \times 4,52 \\ &= 20652,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tu maks

$$\begin{aligned} &= \frac{M_u \times y_{\text{maks}}}{\sum y^2} \\ &= \frac{4885250 \times (2 \times 5 + 5,4 \times 2 + 1,9 + 9 \times 4)}{2 \times ((12,3)^2 + (21,3)^2 + (30,3)^2 + (39,3)^2 + (48,3)^2 + (60,6)^2)} \\ &= 16315 \text{ kg} \end{aligned}$$

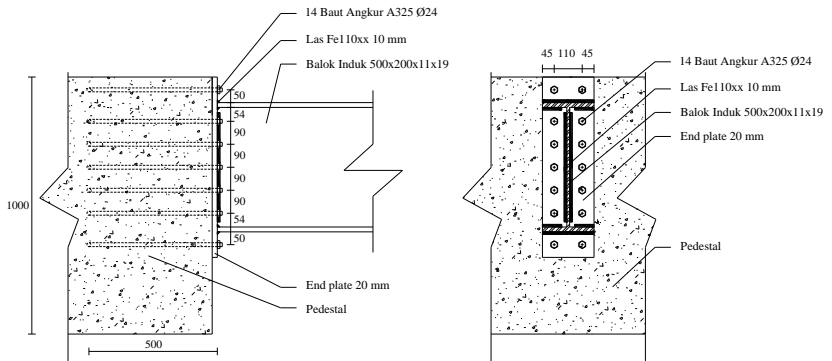
$$16315 \text{ kg} \leq T_d = 20652,1 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

$$16315 \text{ kg} \leq \phi T_n = 21002,1 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

- Panjang angkur (L_{db})

$$\begin{aligned} &= \frac{f_y \times d_b}{4\sqrt{f'_c}} = \frac{250 \times 24}{4\sqrt{30}} = 273,86 \text{ mm} \\ &= 17 d_b = 17 \times 24 = 408 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai 50 cm



Gambar 4.47 Sambungan Balok Induk dengan Beton

4.3.5. Sambungan *base plate*

Sambungan *base plate* dibawah ini menggunakan fixed plate untuk profil K 700x300x13x24 dengan data seperti berikut:

$$H = 110 \text{ cm} \quad f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 110 \text{ cm} \quad f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_p = 3 \text{ cm} \quad f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_1 = 110 \times 110 = 12100 \text{ cm}^2$$

Gaya dalam yang bekerja pada sambungan *base plate*,

$$M_{ux} = 20947,27 \text{ kgm}$$

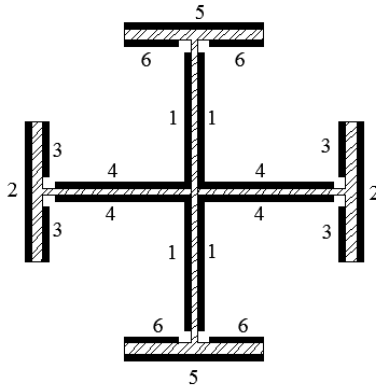
$$M_{uy} = 91876,42 \text{ kgm}$$

$$P_u = 689225,88 \text{ kg}$$

$$V_u = 29398,52 \text{ kg}$$

Sambungan las

Sambungan las ini menghubungkan kolom dengan *base plate*. Digunakan mutu las F_{E110xx} dan $t_e = 1 \text{ cm}$



Gambar 4.48 Sambungan Las *Base Plate*

$$A_{\text{las}} = (4 \times 29,15) + (4 \times 11,55) + (4 \times 29,15) + (4 \times 11,55) + (2 \times 30) + (2 \times 30)$$

$$= 445,6 \text{ cm}^2$$

$$I_1 = 4 \times (1/12 \times 1 \times (29,15)^3) + 29,15 \times 1 \times (29,15/2 + 1,3/2)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 35284,42 \text{ cm}^4 \\
 I_2 &= 2 \times (1/12 \times 1 \times 30^3) \\
 &= 4500 \text{ cm}^4 \\
 I_3 &= 4 \times (1/12 \times 1 \times (11,55)^3 + 11,55 \times 1 \times (11,55/2 + 2,8 + \\
 &\quad 1,3/2)^2) \\
 &= 4445,25 \text{ cm}^4 \\
 I_4 &= 4 \times (1/12 \times 29,15 \times 1^3 + 29,15 \times 1 \times (1,3/2)^2) \\
 &= 58,98 \text{ cm}^4 \\
 I_5 &= 2 \times (1/12 \times 30 \times 1^3 + 30 \times 1 \times (70/2)^2) \\
 &= 73505 \text{ cm}^4 \\
 I_6 &= 4 \times (1/12 \times 11,55 \times 1^3 + 11,55 \times 1 \times ((70 - 2 \times 2,4)/2)^2) \\
 &= 49103,36 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_y \\
 &= 35284,42 + 4500 + 4445,25 + 58,98 + 73505 + 49103,36 \\
 &= 166897 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$x = y = 70 / 2 = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= S_y \\
 &= I_x / y = I_y / x \\
 &= 166897 / 35 = 4768,49 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y} \\
 &= \frac{689225,88}{445,6} + \frac{2094727}{4768,49} + \frac{9187642}{4768,49} \\
 &= 3912,76 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat rencana las (fu las)

$$\begin{aligned}
 fu_{\text{las}} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E110xx} \times 70,3 \times 1 \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1 \\
 &= 3479,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 te &= f_{\text{total}} / fu_{\text{las}} \\
 &= 3912,76 / 3479,85 \\
 &= 1,124 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= te / 0,707 \\
 &= 1,124 / 0,707 = 1,59 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a min. = 6 mm (t pelat maksimum = 3 cm)

a eff. maksimum

$$\begin{aligned}
 &= 1,41 \times f_u / F_{E110xx} \times t_p \\
 &= 1,41 \times 4100 / (110 \times 70,3) \times 3 \\
 &= 2,24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pakai $a = 1,6 \text{ cm}$

Perhitungan *base plate*

- Eksentrisitas gaya (e)

Arah X,

$$= \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{2094727}{689225,88} = 3,04 \text{ cm} \leq H/6 = 110/6 = 18,33 \text{ cm}$$

Arah Y,

$$= \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{9187642}{689225,88} = 13,33 \text{ cm} \leq H/6 = 110/6 = 18,33 \text{ cm}$$

Karena baik dari arah X maupun arah Y nilai eksentrisitas kurang dari $H/6$, maka dipasang **angkur praktis** dikedua arah tersebut.

- Data baut angkur A325 (ulir tidak pada bidang geser)

$$F_{ub} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing 24, A_b = 4,52 \text{ cm}^2$$

- Kontrol dimensi *base plate*

w_e (jarak minimum baut ke tepi *base plate*)

$$= 2d_b = 2 \times 2,4 = 4,8 \text{ cm}$$

c_1 (jarak minimal penguncian)

$$= w_e = 4,8 \text{ cm}$$

$$h' \geq w_e + c_1 = 4,8 + 4,8 = 9,6 \text{ cm}$$

pakai 10 cm

cek $H_{base\ plate} \geq d_{profil\ kolom} + 2(w_e + c_1) + \text{beton}$
(komposit)

$$110 \text{ cm} \geq 70 + 2 \times 10 + 15 = 105 \text{ cm} \quad (\text{OK!})$$

- Kontrol tebal *base plate*

Dimensi pedestal,

Panjang = lebar = 110 cm

$$A_2 = 110 \times 110 = 12100 \text{ cm}^2$$

$$A_2/A_1 = 12100/12100 = 1 \leq 4$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 1$$

Karena $A_2/A_1 \leq 4$, maka P_p menggunakan rumus sebagai berikut,

$$P_p = 0,85 \times f'_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 \times 300 \times 1 = 255 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0,65$$

$$\phi P_p = 0,65 \times 255 = 165,75 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk arah X,

$$\begin{aligned} a &= H - 2e \\ &= 110 - 2 \times 3,04 = 103,92 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$B_m = \frac{P_u}{1,02 \times f'_c \times a} = \frac{689225,88}{1,02 \times 300 \times 103,92} = 21,67 \text{ cm}$$

Tebal pelat

$$\begin{aligned} &= h' \sqrt{\frac{1,33 \times P_p \times B_m}{f_y \times H}} \\ &= 10 \sqrt{\frac{1,33 \times 255 \times 21,67}{2500 \times 110}} \\ &= 1,63 \text{ cm} \leq 3 \text{ cm} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

Untuk arah Y,

$$\begin{aligned} a &= H - 2e \\ &= 110 - 2 \times 13,33 = 83,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$B_m = \frac{P_u}{1,02 \times f'_c \times a} = \frac{689225,88}{1,02 \times 300 \times 83,34} = 27,03 \text{ cm}$$

Tebal pelat

$$\begin{aligned} &= h' \sqrt{\frac{1,33 \times P_p \times B_m}{f_y \times H}} \\ &= 10 \sqrt{\frac{1,33 \times 255 \times 27,03}{2500 \times 110}} \\ &= 1,83 \text{ cm} \leq 3 \text{ cm} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

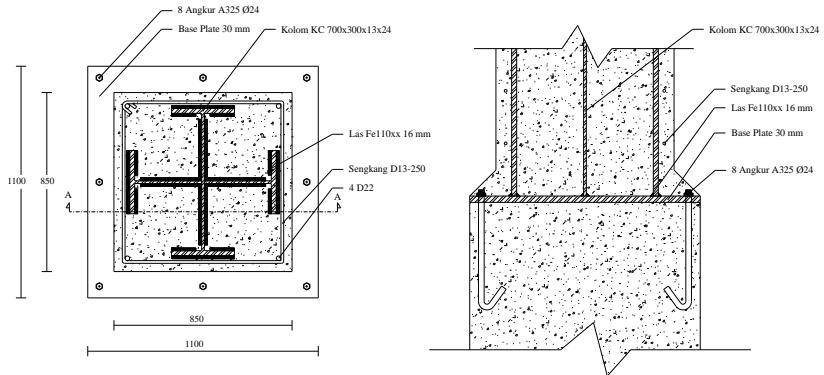
- Perencanaan panjang angkur

Karena menggunakan angkur praktis, direncanakan menggunakan 8 baut angkur A325 Ø24 dengan panjang angkur sebagai berikut,

$$L_{db} = 17d_b = 17 \times 24 = 408 \text{ mm}$$

$$Ldb = \frac{f_y \times db}{4\sqrt{f_c}} = \frac{250 \times 24}{4\sqrt{30}} = 273,86 \text{ mm}$$

Pakai panjang angkur 50 cm



Gambar 4.49 Sambungan *Base Plate*

4.4. Perencanaan Pondasi

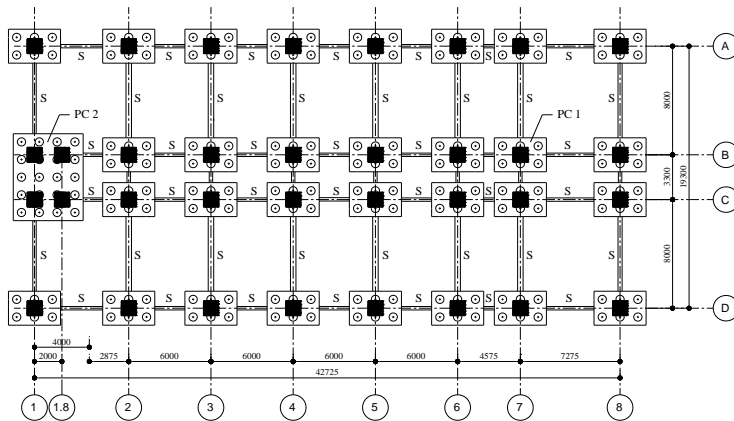
4.4.1. Perencanaan pondasi dalam

Pondasi adalah bagian dari suatu bangunan konstruksi yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur di atasnya menuju tanah.

Pada Tugas Akhir ini direncanakan pondasi dalam menggunakan tiang pancang *spun pile* dari PT Wika Beton. Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter : 60 cm
- Tebal dinding : 10 cm
- Kelas : A1
- Luas penampang : 1571 cm²
- Berat : 393kg/m
- Bending moment crack : 17 tm
- Bending moment ultimate : 25,5 tm
- Allowable axial load : 252,7 ton

Denah rencana pondasi dapat dilihat pada Gambar 4.50 berikut,



Gambar 4.50 Denah Rencana Pondasi

4.4.1.1. Daya dukung tiang pancang tunggal

Dalam menghitung daya dukung tiang pancang tunggal diperlukan data tanah yang berada pada lokasi bangunan. Pada Tugas Akhir ini digunakan data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT). Daya dukung pondasi tiang pancang tunggal ditentukan oleh perlawanan tanah pada ujung tiang (Q_p) dan unsur lekatan lateral tanah (Q_s)

Perhitungan daya dukung tanah tersebut dihitung menggunakan metode Luciano Decourt sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (koreksi)
Lapisan 1	0	0	0	0
Lapisan 2	2	2	14	14
Lapisan 3	4	2	18	16.5
Lapisan 4	6	2	2	2
Lapisan 5	8	2	3	3
Lapisan 6	10	2	8	8
Lapisan 7	12	2	7	7
Lapisan 8	14	2	5	5
Lapisan 9	16	2	16	15.5
Lapisan 10	18	2	21	18
Lapisan 11	20	2	16	15.5
Lapisan 12	22	2	32	23.5
Lapisan 13	24	2	50	32.5
Lapisan 14	26	2	50	32.5

Direncanakan kedalaman tiang pancang adalah 26 meter dan diameter tiang adalah 60 cm,

$$A_{ujung} = 0,25 \times \pi \times 60^2$$

$$= 2828,57 \text{ cm}^2$$

Keliling tiang

$$= \pi \times 60 = 188,57 \text{ cm}$$

$$N_p = (32,5 + 32,5)/2 = 32,5$$

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$K = 40 \text{ t/m}^2$$

$$N_s = (14+16,5+3+8+7+5+15,5+18+15,5+23,5+32,5+32,5)/12$$

$$= 15,92$$

$$\beta = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right)$$

$$= 1 \times \left(\frac{15,92}{3} + 1 \right) = 6,305 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \text{keliling tiang} \times \text{kedalaman tiang} \\ &= 188,57 \times 10^{-2} \times 26 \\ &= 49,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qp} &= \alpha \times \text{Np} \times \text{K} \times \text{A}_{\text{ujung}} \\ &= 1 \times 32,5 \times 40 \times 2828,57 \times 10^{-4} \\ &= 367,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qs} &= \text{qs} \times \text{As} \\ &= 6,305 \times 49,03 = 309,15 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ql} &= \text{Qp} + \text{Qs} \\ &= 367,71 + 309,15 = 676,87 \text{ ton} \end{aligned}$$

Safety factor = 3, Sehingga P_{ijin} 1 tiang berdasar daya tukung tanah adalah:

$$\frac{\text{Ql}}{\text{Sf}} = \frac{676,87}{3} = 225,62 \text{ ton}$$

P_{ijin} 1 tiang adalah yang paling kritis antara daya dukung tanah dengan allowable axial load dari spesifikasi = 252,7 ton.

P_{ijin} 1 tiang = 225,62 ton

4.4.1.2. Daya dukung tiang pancang dalam *pile group*

Tiang pancang dalam grup disatukan dengan menggunakan *pilecap* (kepala tiang) diatasnya. Pada Tugas Akhir ini ada 2 tipe *pilecap* (kepala tiang) dengan konfigurasi tiang pancang yang berbeda. Berikut contoh perhitungan untuk *pilecap* tipe 1,

Direncanakan *pilecap* persegi panjang dua arah dengan data seperti berikut:

Dimesi *pilecap* = 380 cm x 250 cm x 100 cm

Jumlah tiang pancang = 6 buah

Jumlah baris tiang (m) = 2 tiang

Jumlah kolom tiang (n) = 3 tiang

Jarak antar tiang pancang (S),

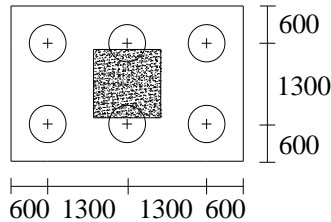
$$S = 2D \leq S \leq 3D$$

$$= 120 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm, pakai } S = 130 \text{ cm}$$

Jarak tiang pancang ke tepi pilecap

$$S_1 = S_1 \geq D$$

$$= S_1 \geq 60 \text{ cm, pakai } S_1 = 60 \text{ cm}$$



Gambar 4.51 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilecap Tipe 1

Untuk daya dukung tiang pancang kelompok harus dikoreksi dengan koefisien efisiensi (C_e). Menurut Converse-Labarre, C_e dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{\arctan(\emptyset/S)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \\ &= 1 - \frac{\arctan(60/1300)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \\ &= 0,6788 \end{aligned}$$

$P_{ijin \text{ grup}}$

$$= C_e \times P_{ijin \text{ 1 tiang}}$$

$$= 0,6788 \times 225,62 \text{ ton} = 153,16 \text{ ton}$$

4.4.1.3. Repartisi beban-beban di atas tiang kelompok

Apabila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh kepala tiang (*pilecap*) berlaku beban-beban vertikal (V), horizontal (H) dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekuivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang dihitung sebagai berikut:

beban maksimum yang terjadi pada *pilecap* tipe 1 adalah sebagai berikut:

$$M_x = 20947,3 \text{ kgm}$$

$$M_y = 91876,4 \text{ kgm}$$

$$V = 689226 \text{ kg}$$

$$H_x = 6915,21 \text{ kg}$$

$$H_y = 29398,5 \text{ kg}$$

$$x = 1,3 \text{ meter}$$

$$y = 0,65 \text{ meter}$$

$$\Sigma x^2 = 4 \times 1,3^2 = 6,76 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 6 \times 0,65^2 = 2,535 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_v &= \frac{V}{n} + \frac{M_x \times y}{\Sigma y^2} + \frac{M_y \times x}{\Sigma x^2} \\ &= \frac{689226}{6} + \frac{20947,3 \times 0,65}{2,535} + \frac{91876,4 \times 1,3}{6,76} \\ &= 137910,62 \text{ kg} \\ &= 137,91 \text{ ton} \leq P_{ijin \text{ grup}} = 153,16 \text{ ton} \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

4.4.1.4. Kontrol geser *pilecap*

Kontrol geser pada *pilecap* dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1, yaitu V_c haruslah yang terksecil dari:

- $V_{c1} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha \times d}{b_o}\right) \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$
- $V_{c3} = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$

berikut adalah data *pilecap*,

Dimensi pedestal ($b \times h$) = 110 cm x 110 cm

Dimensi *pilecap* = 380 cm x 250 cm x 100 cm

Tulangan utama = 25 mm

Selimut beton (c) = 75 mm

f'_c = 30 MPa

α = 40 (interior)

= 30 (tepi)

= 20 (sudut/pojok)

a. Kontrol geser akibat pedestal

β (rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek pedestal)

$$= 110/110 = 1$$

d' (tebal efektif *pilecap*)

$$= (100 \times 10) - 75 - 0,5 \times 25$$

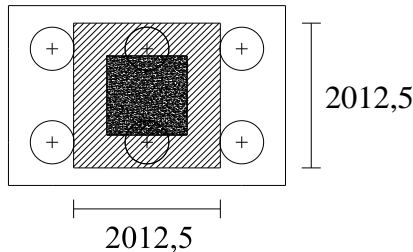
$$= 912,5 \text{ mm}$$

b_o (keliling penampang kritis)

$$= 2(b+d') + 2(h+d')$$

$$= 2(1100 + 912,5) + 2(1100 + 912,5)$$

$$= 8050 \text{ mm}$$



Gambar 4.52 Penampang Kritis *Pilecap* Akibat Pedestal

Koefisien V_{c1}

$$= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) = 0,5$$

Koefisien V_{c2}

$$= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 912,5}{8050}\right) = 0,3555$$

Koefisien V_{c3}

$$= 0,33 \quad (\text{menentukan!})$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 8050 \times 912,5$$

$$= 13411215,04 \text{ N}$$

$$= 1341121,5 \text{ kg}$$

ϕV_c

$$= 0,75 \times 1341121,5$$

$$= 1005841,13 \text{ kg}$$

$V_u = V + W \text{ beton} - n \times P_{\text{ijin grup}}$

$$= 689226 + 2400 \times 1 \times 2,0125^2 - 2 \times 153,16 \times 1000$$

$$= 392623,13 \text{ kg} \leq \phi V_c = 1005841,13 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Jadi ketebalan dan ukuran *pilecap* memenuhi untuk menahan gaya geser akibat reaksi aksial pedestal.

b. Kontrol geser akibat tiang pancang

$$\beta = 1$$

b_o (keliling penampang kritis)

$$= \pi (d \text{ tiang} + d')$$

$$= \pi (60 \times 10 + 912,5)$$

$$= 4753,57 \text{ mm}$$

Koefisien V_{c1}

$$= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) = 0,5$$

Koefisien V_{c2}

$$= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 912,5}{4753,57}\right) = 0,4866$$

Koefisien V_{c3}

$$= 0,33 \quad (\text{menentukan!})$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4753,57 \times 912,5$$

$$= 7919399,83 \text{ N}$$

$$= 791939,98 \text{ kg}$$

ϕV_c

$$= 0,75 \times 791939,98$$

$$= 593954,98 \text{ kg}$$

$V_u = P_{ijin \text{ grup}}$

$$= 153161,56 \text{ kg} \leq \phi V_c = 593954,98 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Jadi ketebalan dan ukuran *pilecap* memenuhi untuk menahan gaya geser akibat reaksi aksial 1 tiang pancang.

4.4.1.5. Penulangan *pilecap*

Penulangan lentur *pilecap* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada muka pedestal. Beban yang bekerja adalah $P_{ijin \text{ grup}}$ dan berat dari *pilecap* sendiri. Berikut adalah data-data untuk perhitungan tulangan lentur pada *pilecap* tipe 1:

Sisi bawah *pilecap*:

$$\text{Tulangan utama } D25 \text{ mm, } A_s = 491,07 \text{ mm}^2$$

Sisi atas *pilecap*:

Tulangan utama D19 mm, $A_s = 283,64 \text{ mm}^2$

Selimut beton (c) = 75 mm

d' sisi panjang = $1000 - 75 - 0,5 \times 25 = 912,5 \text{ mm}$

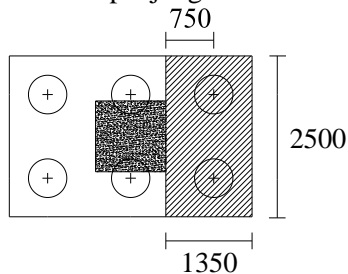
d' sisi pendek = $1000 - 75 - 25 - 0,5 \times 25 = 887,5 \text{ mm}$

Mutu bahan:

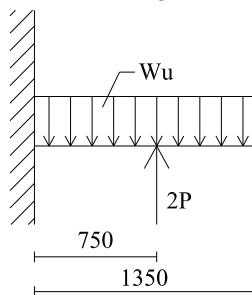
$f'c = 30 \text{ MPa}$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

a. Penulangan lentur sisi panjang



Gambar 4.53 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang



Gambar 4.54 Perhitungan Momen Sebagai Kantilever

$$P = P_{ijin \text{ grup}} = 153,16156 \text{ ton} = 1531615,63 \text{ N}$$

$$n = 2$$

$W_u \text{ pilecap}$

$$= 1,2 \times 2400 \times 2,5 \times 1$$

$$= 7200 \text{ kg/m} = 72 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= n \times P \times 750 - 0,5 \times W_u \times 1350^2 \\ &= 2 \times 1531615,63 \times 750 - 0,5 \times 72 \times 1350^2 \\ &= 2231813447 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2231813447}{0,9} = 2479792719 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2479792719}{2500 \times 912,5^2} = 1,191 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,191}{420}} \right) \times \frac{1}{16,47} \\ &= 0,0029059 \end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0029059 \times 2500 \times 912,5 \\ &= 6629,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} &= 6629,07 / 491,07 \\ &= 13,49, \text{ pakai } 14 \text{ D25} \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (2500 - 2 \times 75 - 25) / (14 - 1) \\ &= 178,85 \text{ mm}, \text{ pakai } 170 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \times 0,5 \\ &= 0,0029059 \times 2500 \times 912,5 \times 0,5 \\ &= 3314,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$= 3314,54 / 283,64$$

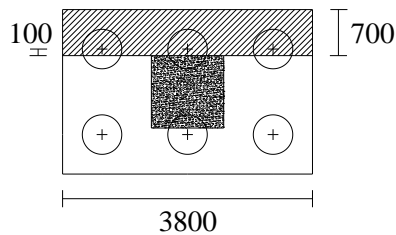
$$= 11,68, \text{ pakai } 14 \text{ D19}$$

Jarak tulangan

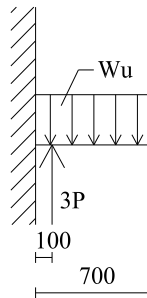
$$= (2500 - 2 \times 75 - 25) / (14 - 1)$$

$$= 179,31 \text{ mm, pakai } 170 \text{ mm}$$

b. Penulangan lentur sisi pendek



Gambar 4.55 Daerah Tulangan Lentur Sisi Pendek



Gambar 4.56 Pembebanan Momen Sebagai Kantilever

$$P = P_{ijin \text{ grup}} = 153,16156 \text{ ton} = 1531615,63 \text{ N}$$

$$n = 3$$

W_u pilecap

$$= 1,2 \times 2400 \times 3,8 \times 1$$

$$= 10944 \text{ kg/m} = 109,44 \text{ N/mm}$$

$$M_u = n \times P \times 100 - 0,5 \times W_u \times 700^2$$

$$= 3 \times 1531615,63 \times 100 - 0,5 \times 109,44 \times 700^2$$

$$= 432671889,5 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{432671889,5}{0,9} = 480746543,8 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{480746543,8}{3800 \times 887,5^2} = 0,1606 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,1606}{420}} \right) \times \frac{1}{16,47} \\ &= 0,00038 \leq \rho_{\min} = 0,0018 \\ &\text{Pakai } 0,0018 \end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0018 \times 3800 \times 887,5 \\ &= 6070,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} &= 6070,5 / 491,07 \\ &= 12,36, \text{ pakai } 13 \text{ D25} \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (3800 - 2 \times 75 - 2 \times 25 - 25) / (13 - 1) \\ &= 297,92 \text{ mm}, \text{ pakai } 290 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \times 0,5 \\ &= 0,0018 \times 3800 \times 887,5 \times 0,5 \\ &= 3035,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} &= 3035,25 / 283,64 \\ &= 10,7, \text{ pakai } 13 \text{ D19} \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$= (3800 - 2 \times 75 - 2 \times 25 - 25) / (13 - 1)$$

$$= 299,417 \text{ mm , pakai 290 mm}$$

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan *pilecap* tipe 1 dan tipe 2.

Tabel 4.26 Rekapitulasi Perhitungan *Pilecap*

Pilecap Tipe 1		
Dimensi	380 cm x 250 cm x 100 cm	
Jumlah Tiang Pancang	6 buah	
Tulangan Lentur Sisi Panjang	sisi bawah	D25 - 170
	jumlah	14
	sisi atas	D19 - 170
	jumlah	14
Tulangan Lentur Sisi Pendek	sisi bawah	D25 - 290
	jumlah	13
	sisi atas	D19 - 290
	jumlah	13
Pilecap Tipe 2		
Dimensi	510 cm x 640 cm x 100 cm	
Jumlah Tiang Pancang	20 buah	
Tulangan Lentur Sisi Panjang	sisi bawah	D25 - 170
	jumlah	15
	sisi atas	D19 - 170
	jumlah	15
Tulangan Lentur Sisi Pendek	sisi bawah	D25 - 180
	jumlah	18
	sisi atas	D19 - 180
	jumlah	18

4.4.2. Perencanaan pedestal

Struktur pedestal dalam Tugas Akhir ini berfungsi untuk menghubungkan kolom baja dengan struktur dibawahnya (base

isolator, pondasi) menggunakan sambungan *base plate*. Besarnya gaya dalam pada pedestal dari hasil SAP2000 adalah sebagai berikut:

$$M_{ux} = 20947,27 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 91876,42 \text{ kgm}$$

$$P_u = 689225,88 \text{ kg}$$

$$V_u = 29398,52 \text{ kg}$$

Dimensi pedestal:

$$b = 110 \text{ cm}$$

$$h = 110 \text{ cm}$$

$$A_g = 12100 \text{ cm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

Penulangan utama pedestal

Tulangan utama D25 mm, $A_s = 491,07 \text{ mm}^2$

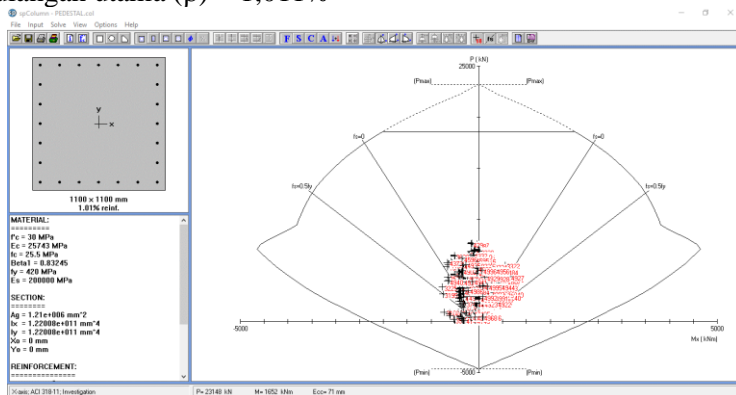
Tulangan transversal Ø13 mm, $A_s = 132,78 \text{ mm}^2$

Selimut beton (c) = 40 mm

$$d' = 110 \times 10 - 40 - 13 - 0,5 \times 25$$

$$= 1034,5 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan software spcolumn, didapatkan rasio tulangan utama (ρ) = 1,011%



Gambar 4.57 Hasil Analisis Pedestal dengan Software Spcolumn

Jumlah tulangan butuh,

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0101 \times 1100 \times 1034,5 \\ &= 11504,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan utama 24D25 (dipasang merata 4 sisi)

$$A_s = 24 \times 491,07 = 11785,7 \text{ mm}^2 \geq 11504,67 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK!})$$

Penulangan geser pedestal

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b \times d \times \left[1 + \frac{N_u}{14A_g} \right] \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1100 \times 1034,5 \times \left[1 + \frac{6892258,8}{14 \times 1210000} \right] \\ &= 1461451,332 \text{ N} \\ &= 146145,13 \text{ kg} \end{aligned}$$

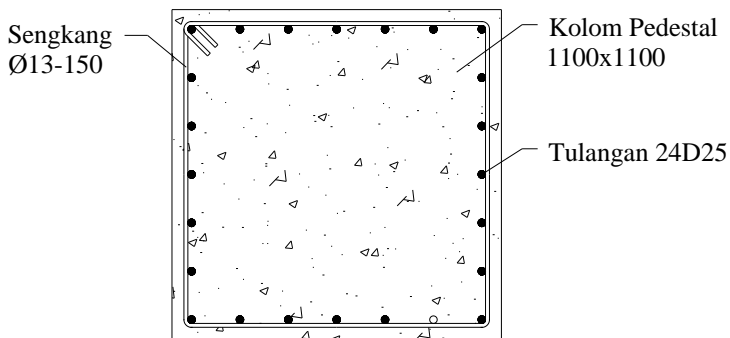
$$\phi V_c = 0,75 \times 146145,13$$

$$= 109608,85 \text{ kg} \geq V_u = 29398,52 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser praktis Ø13 dengan jarak yang paling minimum dari berikut,

- 150 mm
- $6d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

Pakai 150 mm, Ø13 – 150



Gambar 4.58 Kolom Pedestal

4.4.3. Perencanaan balok *sloof*

Struktur balok *sloof* berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (*pilecap*) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok *sloof* merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (*pilecap*).

Besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok *sloof* adalah akibat dari berat balok *sloof* sendiri dan beban dinding yang menumpu diatasnya. Berikut adalah perhitungan balok *sloof*:

Data-data balok *sloof*:

$$L = 8000 \text{ mm}$$

$$b \geq L/20 = 8000/20 = 400 \text{ mm, (SNI 2847:2013 ps 21.12.3.2)}$$

$$\leq 450 \text{ mm}$$

Pakai 400 mm

$$h = 600 \text{ mm}$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Tinggi dinding} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\beta = 0,832 (f'_c = 30 \text{ MPa})$$

$$\text{Gaya aksial kolom} = 689225,88 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya aksial sloof} = 10\% \times 689225,88 = 68922,58 \text{ kg}$$

Tegangan tarik yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijin tarik beton,

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,7 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ MPa}$$

Tegangan yang terjadi (f_r)

$$f_r = \frac{\text{Aksial sloof}}{0,8 \times b \times h}$$

$$= \frac{68922,588 \times 10}{0,8 \times 400 \times 600} = 3,59 \text{ MPa} \leq 3,834 \text{ MPa} \quad (\text{OK!})$$

Beban yang dipikul balok sloof,

Beban merata (qd)

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 250 \times 2,5 = \underline{625 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{Total qd} = 1201 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,4 \text{ qd} = 1,4 \times 1201 = 1681,4 \text{ kg/m} \\ &= 16814 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Balok *sloof* merupakan balok menerus, sehingga perhitungan momen untuk tumpuan digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien menurut SNI 2847:2013 ps 8.3.3 adalah sebagai berikut:

$$Mu_{\text{tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

Sedangkan untuk Mu lapangan adalah,

$$\begin{aligned} Mu_{\text{lapangan}} &= \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{12} \right) \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{24} \times q_u \times l^2 \end{aligned}$$

Penulangan lentur sisi tumpuan

Data tulangan:

Tulangan D16 mm, $A_s = 201,14 \text{ mm}^2$

Tulangan transversal Ø10 mm, $A_s = 78,57 \text{ mm}^2$

Selimut beton (c) = 50 mm

$$d' = 600 - 50 - 10 - 0,5 \times 16 = 532 \text{ mm}$$

$$Mu = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 16814 \times 8^2$$

$$= 89674,667 \text{ Nm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{89674,667 \times 1000}{0,9} = 99638518,52 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{99638518,52}{400 \times 532^2} = 0,8801 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,8801}{420}} \right) \times \frac{1}{16,47} \\ &= 0,00213 \leq \rho_{\min} = 0,0033 \\ &\text{Pakai } 0,0033 \end{aligned}$$

Tulangan butuh (As)

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0033 \times 400 \times 532 \\ &= 709,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} &= 709,33 / 201,14 \\ &= 3,53, \text{ pakai } 4 \text{ D16} \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (400 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 16) / (4 - 1) \\ &= 88 \text{ mm, pakai } 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan lentur sisi lapangan

$$M_u = \frac{1}{24} \times q_u \times l^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{24} \times 16814 \times 8^2 \\ &= 44837,33 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{44837,33 \times 1000}{0,9} = 49819259,3 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{49819259,3}{400 \times 532^2} = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,44}{420}} \right) \times \frac{1}{16,47} \\ &= 0,00106 \leq \rho_{\text{min}} = 0,0033 \\ &\text{Pakai } 0,0033 \end{aligned}$$

Tulangan butuh (As)

$$\begin{aligned} &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0033 \times 400 \times 532 \\ &= 709,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} &= 709,33 / 201,14 \\ &= 3,53, \text{ pakai } 4 \text{ D16} \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (400 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 16) / (4 - 1) \\ &= 88 \text{ mm, pakai } 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan geser balok *sloof*

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \times q_u \times l \\ &= 0,5 \times 16814 \times 8 \\ &= 67256 \text{ N} = 6725,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan berikut ini,

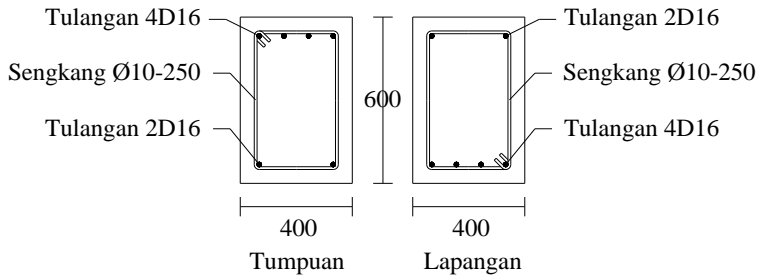
$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 532 \\ &= 194258,93 \text{ N} \\ &= 19425,89 \text{ kg} \\ \phi V_c &= 0,75 \times 19425,89 \end{aligned}$$

$$= 14569,42 \text{ kg} \geq V_u = 6725,6 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser praktis Ø10 dengan jarak yang paling minimum dari berikut,

- 300 mm
- $d/2 = 532 / 2 = 266 \text{ mm}$

Pakai 250 mm, Ø10 – 250



Gambar 4.59 Penampang Melintang Balok *Sloof*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan dari Tugas Akhir ini.

Pertama, didapatkan struktur sekunder meliputi pelat atap menggunakan *steel deck* dari brosur *super floor deck* dengan tebal pelat beton 9 cm dan tulangan negatif Ø10-200. Pelat lantai menggunakan *steel deck* dari brosur *super floor deck* dengan tebal pelat beton 9 cm dan tulangan negatif Ø10-160. Balok anak yang terdiri dari 5 jenis untuk balok anak lantai dan 4 jenis untuk balok anak atap. Struktur tangga dengan balok penumpu dan balok utama menggunakan profil WF 250x125x5x8. Struktur ramp dengan balok penumpu dan balok utama menggunakan profil WF 350x175x6x9. Struktur lift dengan balok penggantung menggunakan profil WF 300x150x5,5x8.

Kedua, struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom didesain komposit baja-beton. Struktur balok induk didesain komposit dengan menggunakan *shear connector* tipe *stud* dengan menggunakan profil WF 500x200x11x19. Struktur kolom didesain komposit terselubung beton dengan profil *kingcross* K700x300x13x24 untuk lantai 1-6 dengan penampang beton 850x850, K600x200x11x17 untuk lantai 7-11 dengan penampang beton 750x750, dan K500x200x10x16 untuk lantai 12-16 dengan penampang beton 650x650.

Ketiga, didapatkan dimensi *base isolator* tipe *high damping rubber bearing* untuk kolom internal dan kolom eksternal dengan diameter *rubber* 750 mm (HH075x6R) dari brosur *bridgestone : Seismic isolation product line-up*.

Keempat, struktur pondasi merupakan tipe pondasi dalam dengan tiang pancang *spun pile* diameter 60 cm dari PT Wika Beton dengan kedalaman 26 meter. Didapatkan 2 jenis *pilecap* yaitu *pilecap* tipe 1 dengan dimensi 3800x2500x1000 dan *pilecap*

tipe 2 dengan dimensi 5100x6400x1000 dengan tulangan masing-masing dipasang dua arah, sisi panjang dan sisi pendek.

Kelima, semua hasil akhir dari Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bentuk gambar teknik yang dapat dilihat pada lampiran.

5.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai perencanaan struktur menggunakan *base isolator* khususnya tipe *high damping rubber bearing* (HDRB) dengan acuan SNI 1726:2012 maupun peraturan-peraturan lainnya, sehingga terlihat keunggulan penggunaan *base isolator* dibandingkan struktur *fixed base*.

Diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi lapangan sehingga didapatkan struktur yang ekonomis, efisien, dan mudah dalam pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. 2011. **Modifikasi Perancangan Struktur Komposit Baja dan Beton pada Gedung RSUD Kepanjen-Malang**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. **SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Gunawan, R. 1987. **Tabel Profil Konstruksi Baja**. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Heriandes, N. 2015. **Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang dan Permukiman Provinsi Sumatera Barat Menggunakan High Damping Rubber Bearing (HDRB)**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Hoedajanto, D. 2010. **Gempa dan Jakarta**. Jakarta.
- Ibrahim M. dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I**. Surabaya: Teknik Sipil ITS

- Imran I. dan Hendrik F. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang**. Bandung: Penerbit ITB.
- Izzati, S.Y. 2016. **Modifikasi Perancangan RSUD-Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Kelly, J.M. and Naeim, F. 1999. **Design of Seismic Isolated Structure : From Theory to Practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lahamukang, Krisantus M., et.al. 2014. **Kuat Geser Komposit Baja – Beton dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau dari Uji Geser Murni**. Kupang: Teknik Sipil FST Undana.
- Qoernia, D. 2010. **Penentuan Nilai Parameter Dynamic Absorber Berbasis Frekuensi**. Surabaya: ITS Press.
- Suardi, E. 2013. **Rubber Bearing Isolator Sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang**. Jakarta: PT. PP (Persero) Tbk.
- Sukamta, D. 2006. Hidup Bersama Gempa di Jakarta. **Kompas Minggu** (Jakarta), 20 Agustus.
- Wahyudi, H. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: ITS Press
- Widiarta dan Deskarta. 2007. **Kuat Geser Baja Komposit dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T Ditinjau dari Uji Geser Murni**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11 (01) : 74-89
- Yunita, W. 2012. **Mikrozonasi Gempa Jakarta dengan Periode Ulang 500 Tahun**. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

DAFTAR ISI

NO.	JUDUL GAMBAR	NO. GAMBAR
1	Denah Pembalokan Lantai 1-6	1
2	Denah Pembalokan Lantai 7-11	2
3	Denah Pembalokan Lantai 12-16	3
4	Denah Pembalokan Atap	4
5	Potongan Memanjang A-A	5
6	Potongan Melintang B-B	6
7	Pelat Lantai	7
8	Pelat Atap	8
9	Tangga	9
10	Ramp	10
11	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Lantai (BA1)	11
12	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Lantai (BA2)	12
13	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Lantai (BA3)	13
14	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Lantai (BA4)	14
15	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Lantai (BA9)	15
16	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Atap (BA5)	16
17	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Atap (BA6)	17

NO.	JUDUL GAMBAR	NO. GAMBAR
18	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Atap (BA7)	18
19	Sambungan Balok Induk-Balok Anak Atap (BA8)	19
20	Sambungan Balok Induk-Kolom (K1)	20
21	Sambungan Balok Induk-Kolom (K2)	21
22	Sambungan Balok Induk-Kolom (K3)	22
23	Sambungan Antar Kolom K1	23
24	Sambungan Antar Kolom K2	24
25	Sambungan Antar Kolom K3	25
26	Sambungan Kolom K1-K2	26
27	Sambungan Kolom K2-K3	27
28	Sambungan Balok Induk-Pedestal Atas	28
29	Sambungan Base Plate	29
30	Denah Base Isolator	30
31	Base Isolator & Sloof	31
32	Denah Pondasi	32
33	Pilecap Tipe 1	33
34	Pilecap Tipe 2	34



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA MENGGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

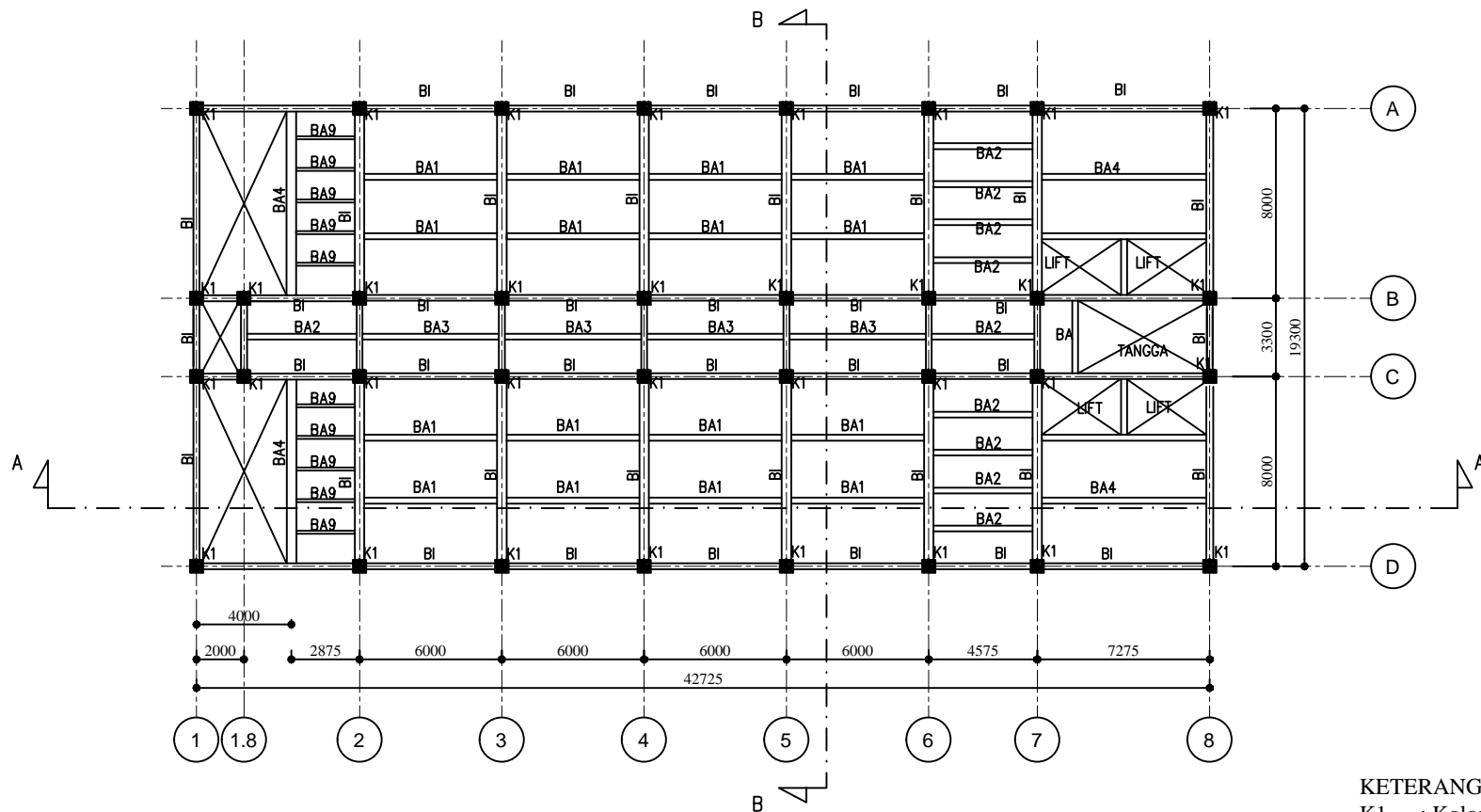
MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

SKALA

NO. GAMBAR



⊕ DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1 - 6
Skala 1:300

KETERANGAN:

- K1 : Kolom KC 700x300x13x24
Beton 850x850
BI : Balok Induk WF 500x200x11x19
BA1 : Balok Anak WF 350x175x6x9
BA2 : Balok Anak WF 200x150x6x9
BA3 : Balok Anak WF 250x175x7x11
BA4 : Balok Anak WF 400x200x8x13
BA9 : Balok Anak WF 125x60x6x8



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

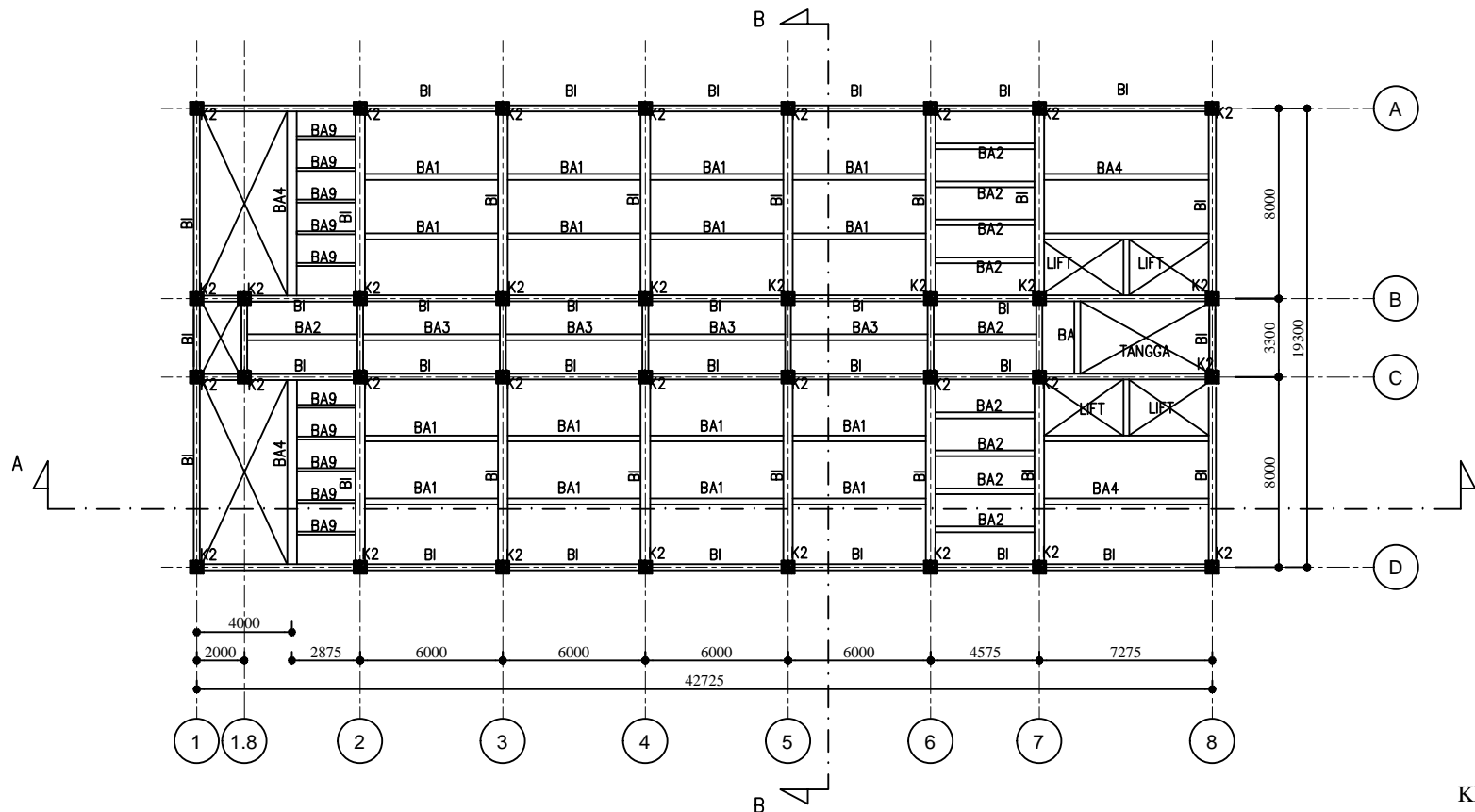
DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 1-6


SKALA

1:300

NO. GAMBAR

1/34




DENAH PEMBALOKAN LANTAI 7 - 11
 Skala 1:300

KETERANGAN:

- K2 : Kolom KC 600x200x11x17
Beton 750x750
- BI : Balok Induk WF 500x200x11x19
- BA1 : Balok Anak WF 350x175x6x9
- BA2 : Balok Anak WF 200x150x6x9
- BA3 : Balok Anak WF 250x175x7x11
- BA4 : Balok Anak WF 400x200x8x13
- BA9 : Balok Anak WF 125x60x6x8



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

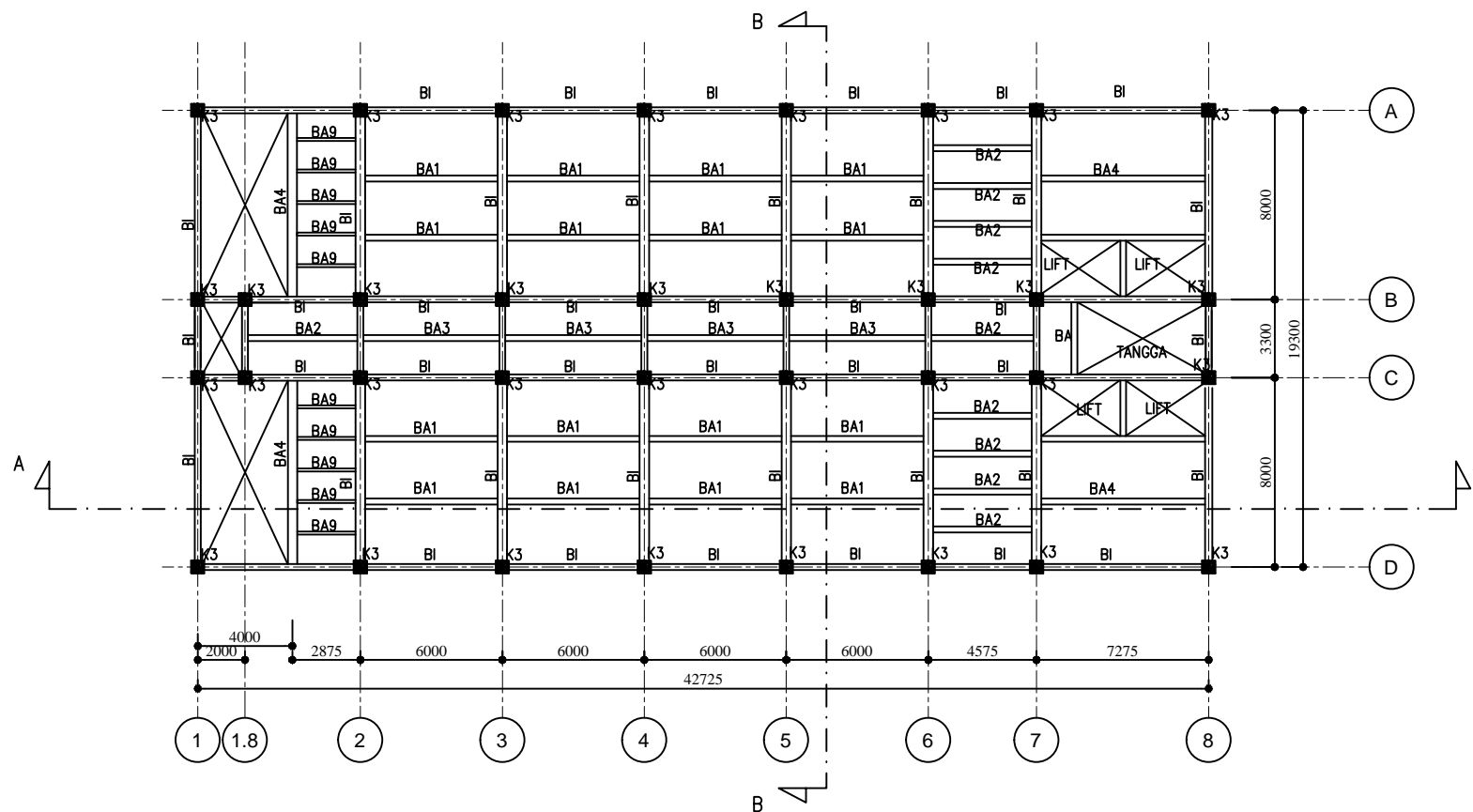
DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 7-11

SKALA

1:300

NO. GAMBAR

2/34



⊕ DENAH PEMBALOKAN LANTAI 12 - 16
Skala 1:300

KETERANGAN:

- K3 : Kolom KC 500x200x10x16
Beton 650x650
BI : Balok Induk WF 500x200x11x19
BA1 : Balok Anak WF 350x175x6x9
BA2 : Balok Anak WF 200x150x6x9
BA3 : Balok Anak WF 250x175x7x11
BA4 : Balok Anak WF 400x200x8x13
BA9 : Balok Anak WF 125x60x6x8



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

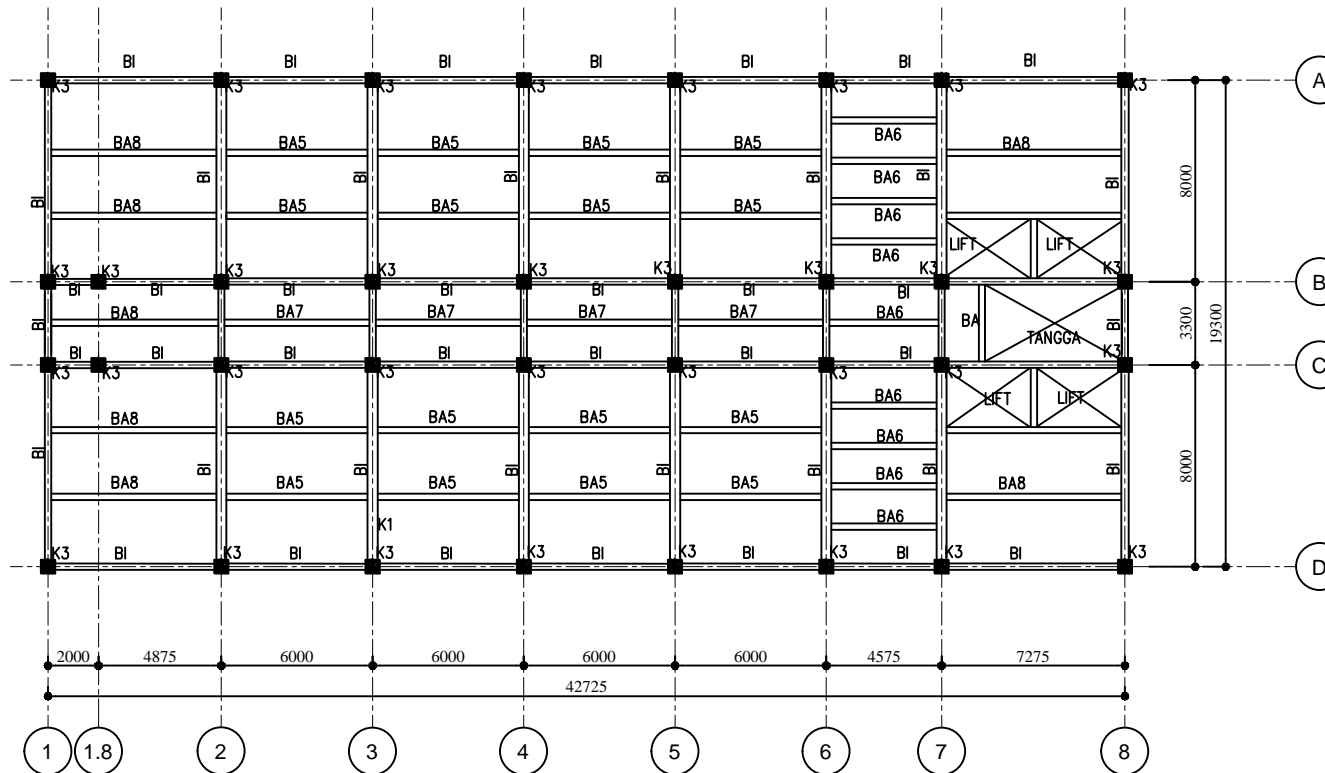
DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 12-16

SKALA

1:300

NO. GAMBAR

3/34



DENAH PEMBALOKAN ATAP
 Skala 1:300

KETERANGAN:

- K3 : Kolom KC 500x200x10x16
 Beton 650x650
 BI : Balok Induk WF 500x200x11x19
 BA5 : Balok Anak WF 250x175x7x11
 BA6 : Balok Anak WF 200x150x6x9
 BA7 : Balok Anak WF 300x150x5.5x8
 BA8 : Balok Anak WF 400x200x7x11



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN ATAP

SKALA

1:300

NO. GAMBAR

4/34



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

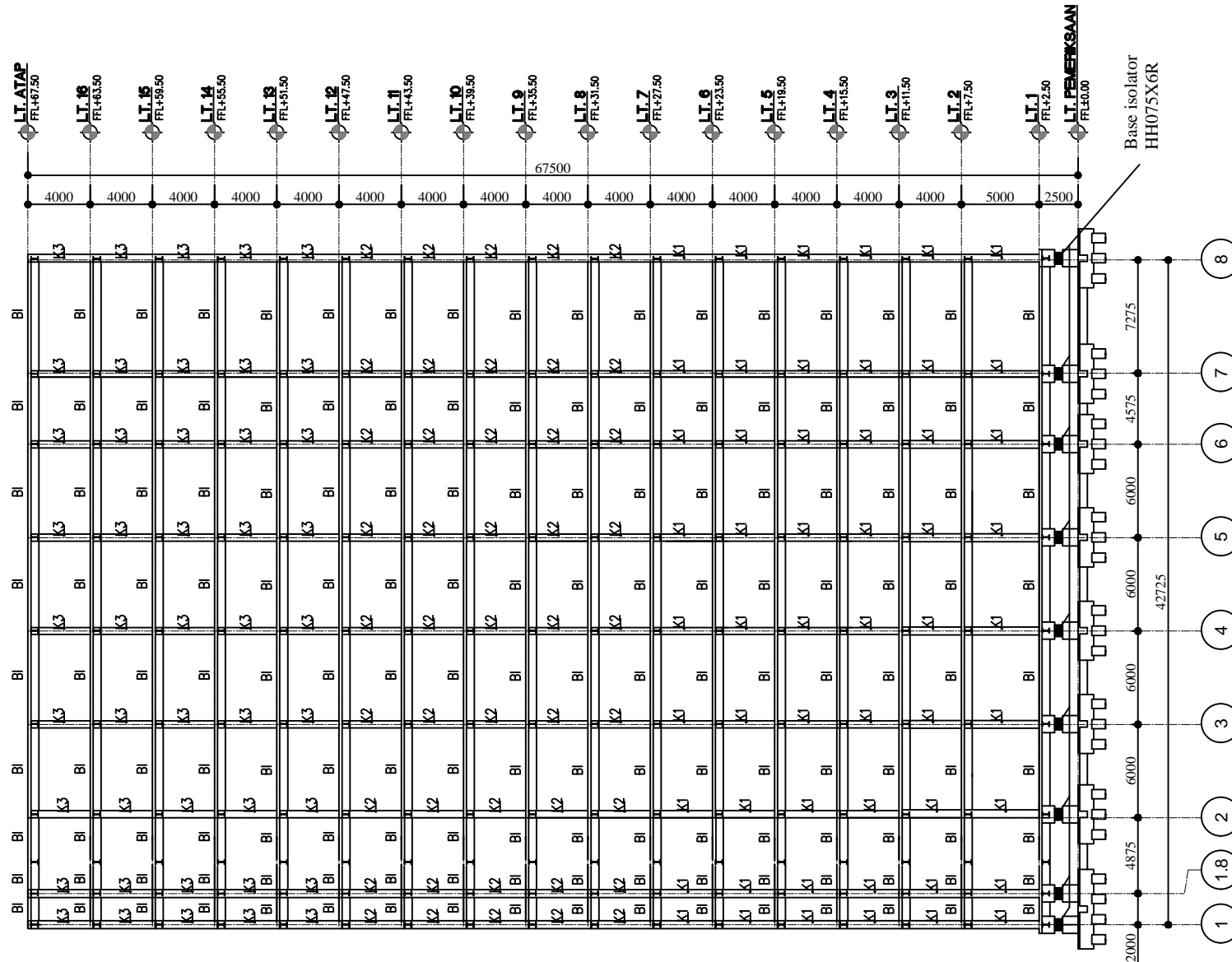
POTONGAN MEMANJANG A-A

SKALA

1:400

NO. GAMBAR

5/34



⊕ POTONGAN MEMANJANG A-A
Skala 1:400

KETERANGAN:

- K1 : Kolom KC 700x300x13x24
Beton 850x850
K2 : Kolom KC 600x200x11x17
Beton 750x750
K3 : Kolom KC 500x200x10x16
Beton 650x650
BI : Balok Induk WF 500x200x11x19



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

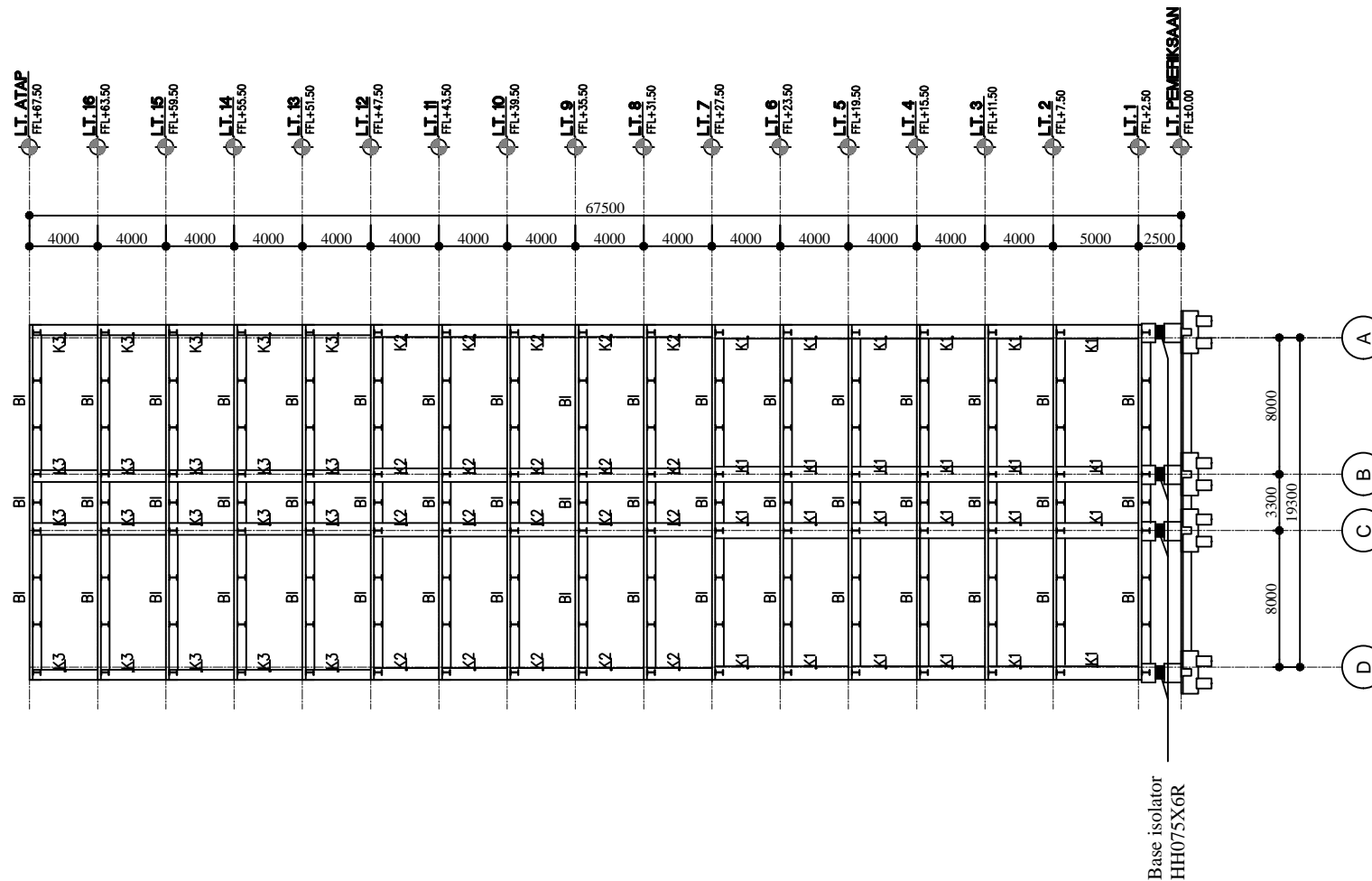
POTONGAN MELINTANG B-B

SKALA

1:400

NO. GAMBAR

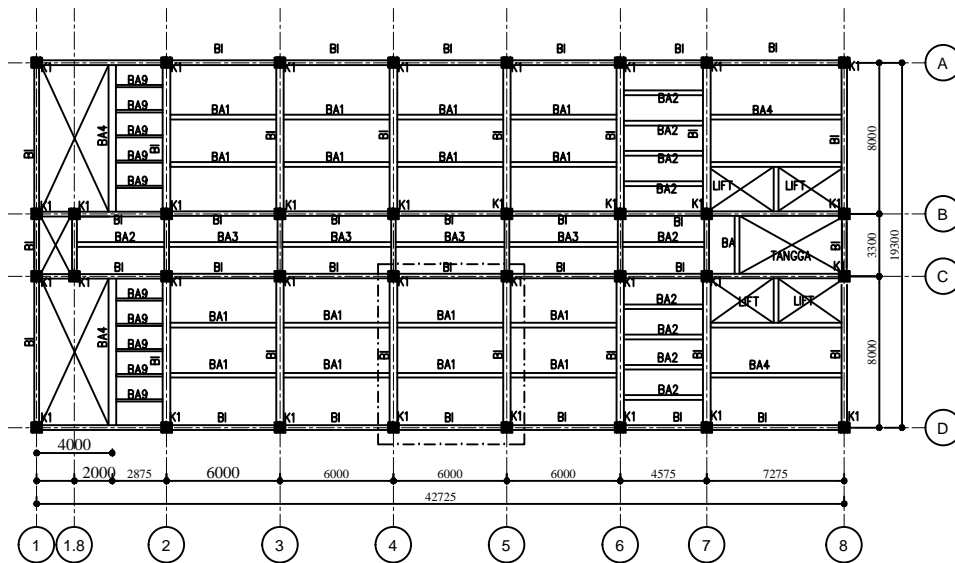
6/34



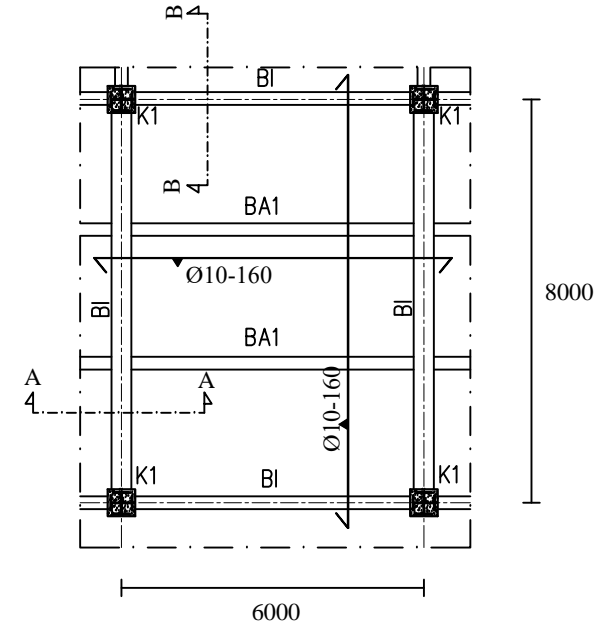
POTONGAN MELINTANG B-B
Skala 1:400

KETERANGAN:

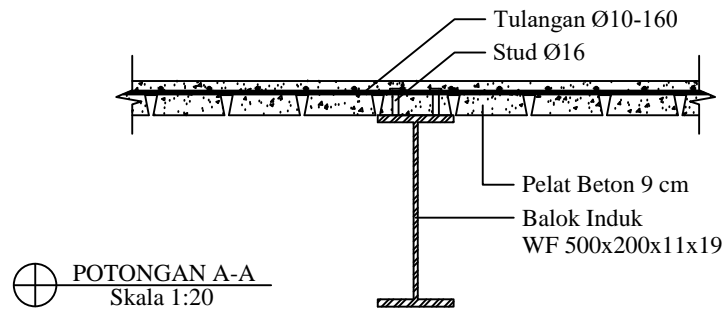
- K1 : Kolom KC 700x300x13x24
Beton 850x850
- K2 : Kolom KC 600x200x11x17
Beton 750x750
- K3 : Kolom KC 500x200x10x16
Beton 650x650
- BI : Balok Induk WF 500x200x11x19



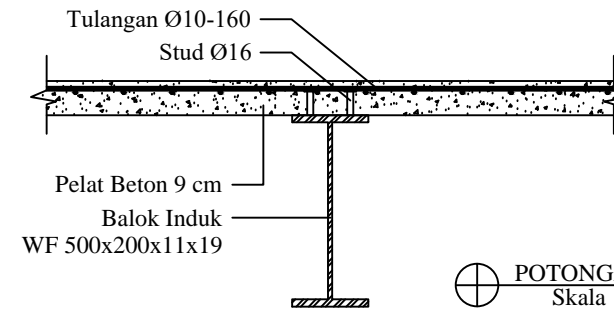
⊕ DENAH PEMBALOKAN LANTAI
Skala 1:400



⊕ DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI
Skala 1:150



⊕ POTONGAN A-A
Skala 1:20



⊕ POTONGAN B-B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

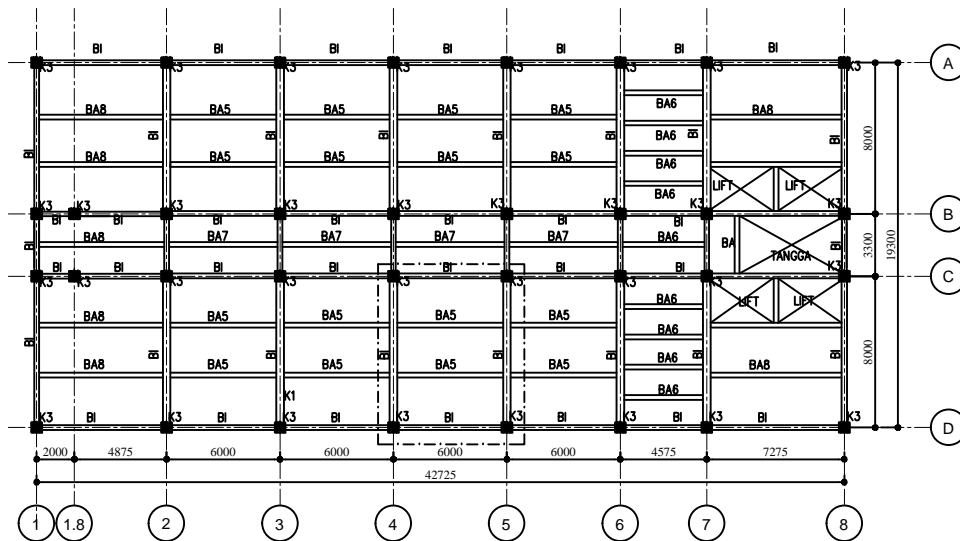
PELAT LANTAI

SKALA

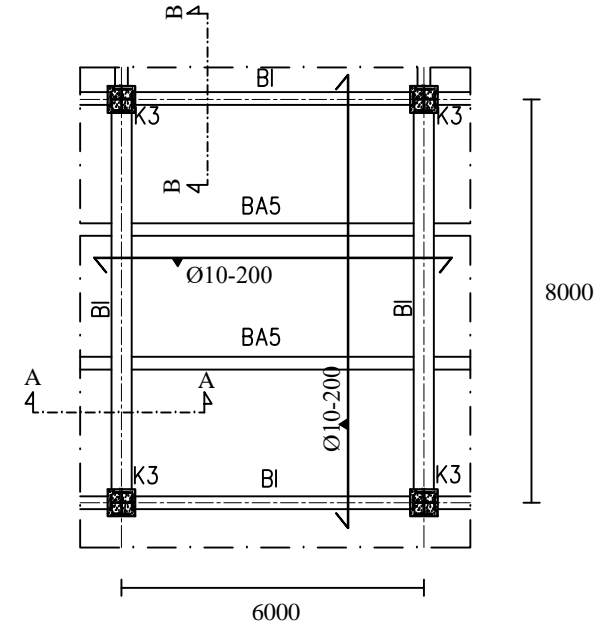
1:300
1:150
1:20

NO. GAMBAR

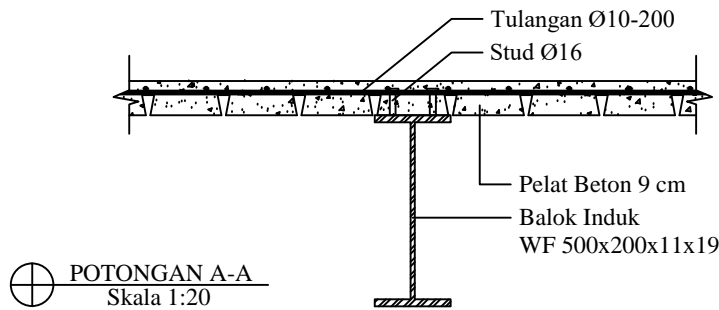
7/34



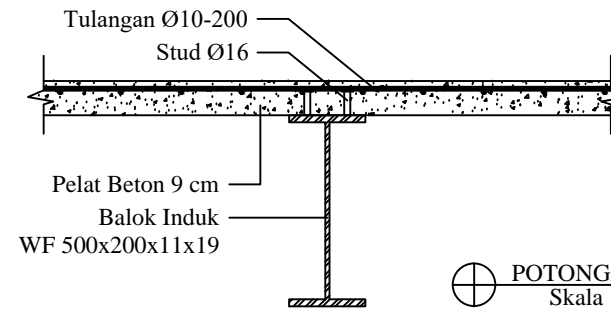
⊕ DENAH PEMBALOKAN ATAP
Skala 1:400



⊕ DETAIL PENULANGAN PELAT ATAP
Skala 1:150



⊕ POTONGAN A-A
Skala 1:20



⊕ POTONGAN B-B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

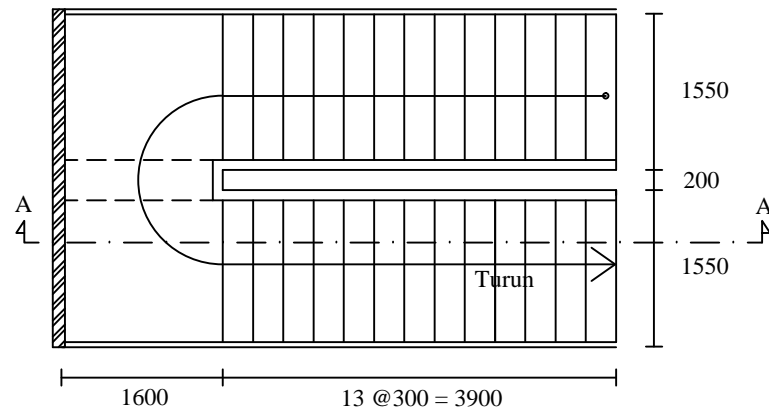
PELAT ATAP

SKALA

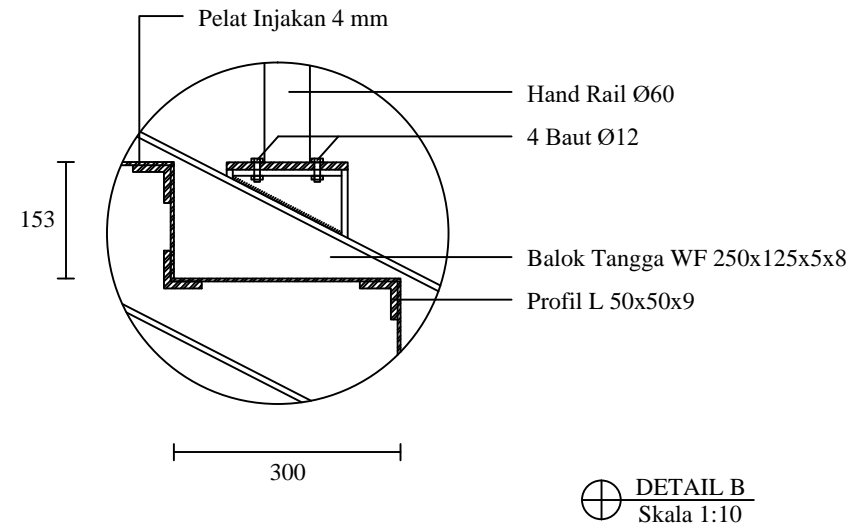
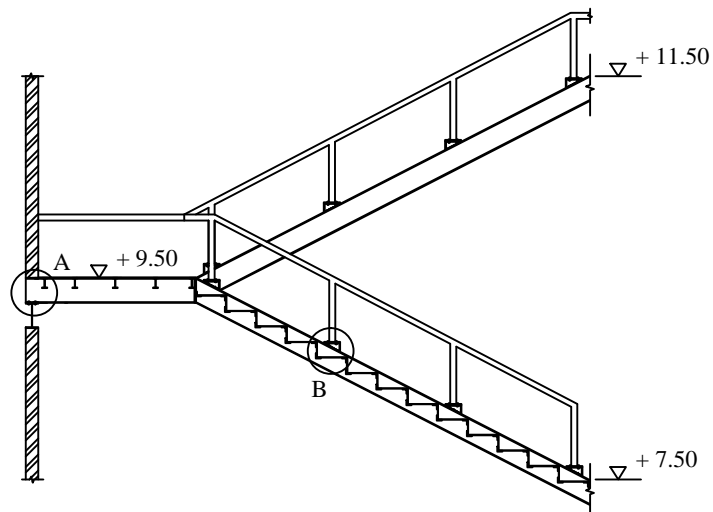
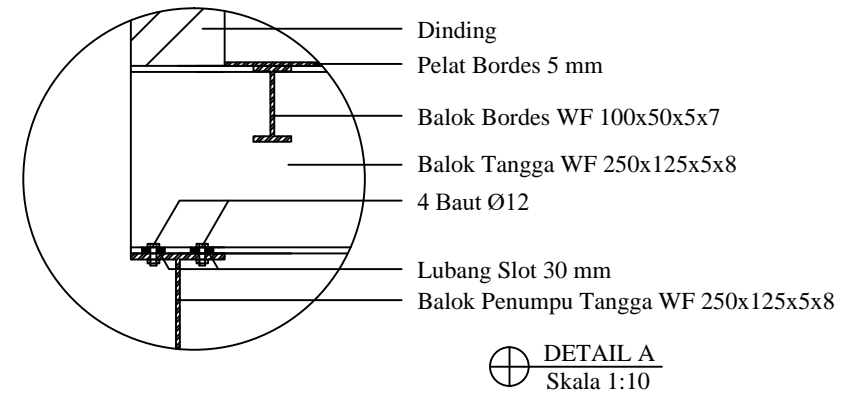
1:400
1:150
1:20

NO. GAMBAR

8/34



⊕ DENAH TANGGA
Skala 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

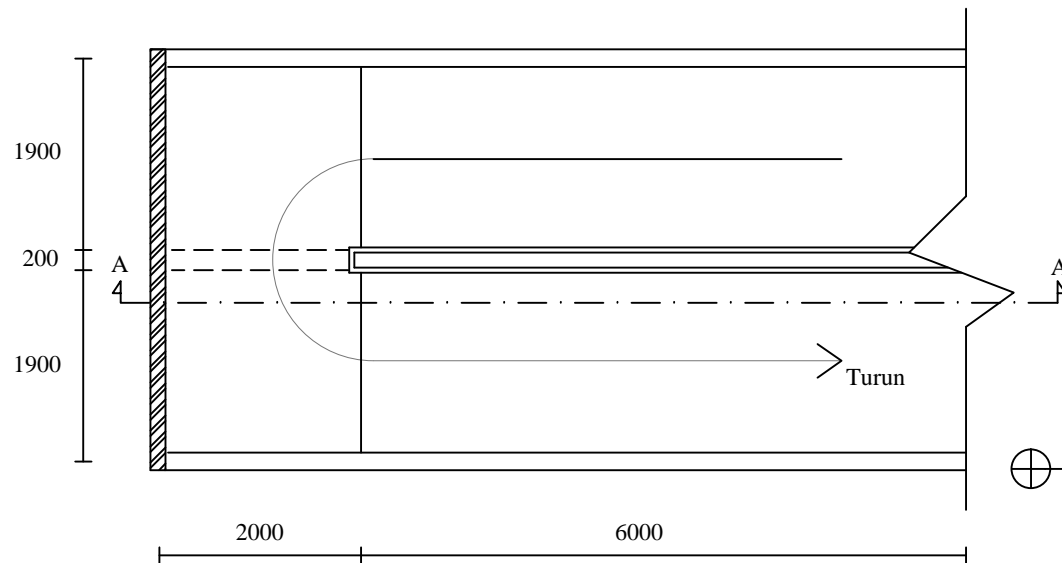
TANGGA

SKALA

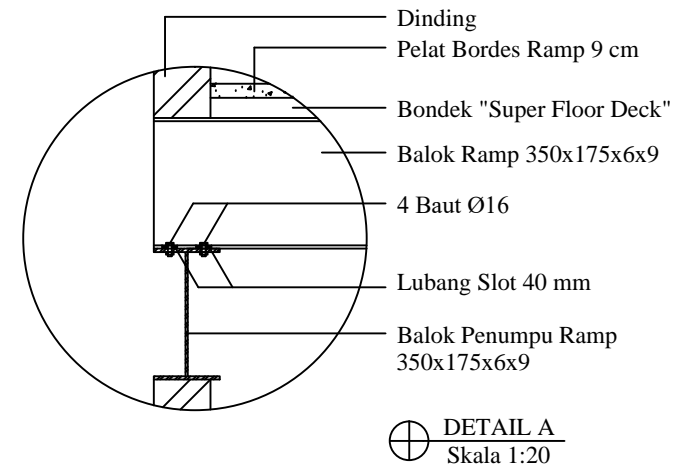
1:75
1:10

NO. GAMBAR

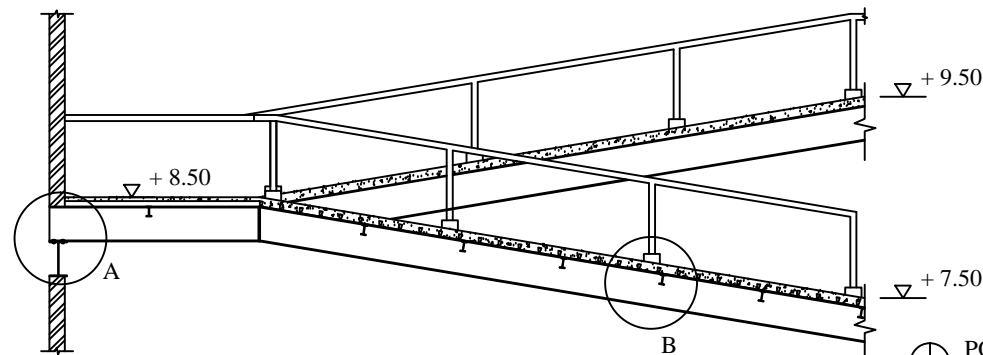
9/34



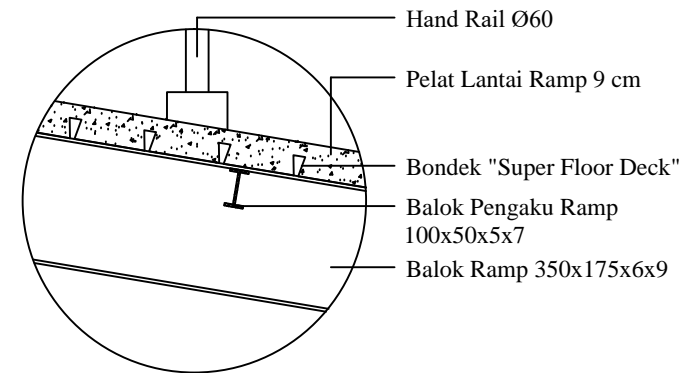
⊕ DENAH RAMP
Skala 1:75



⊕ DETAIL A
Skala 1:20



⊕ POTONGAN A-A
Skala 1:75



⊕ DETAIL B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

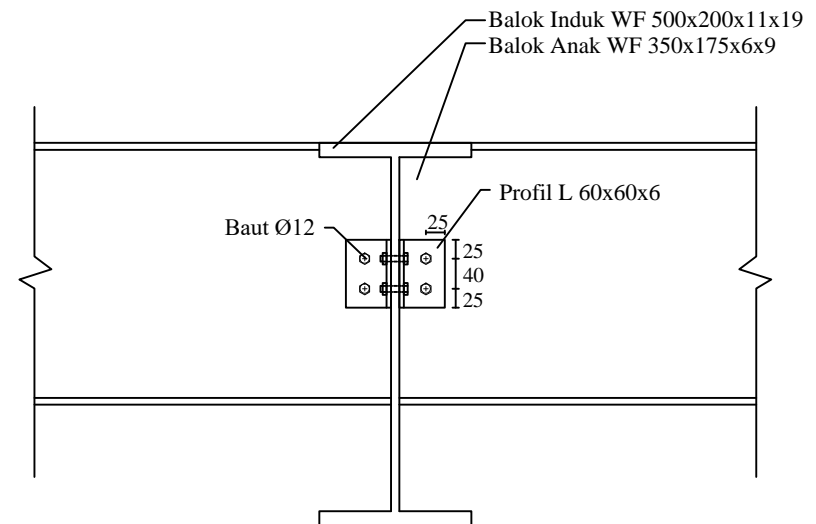
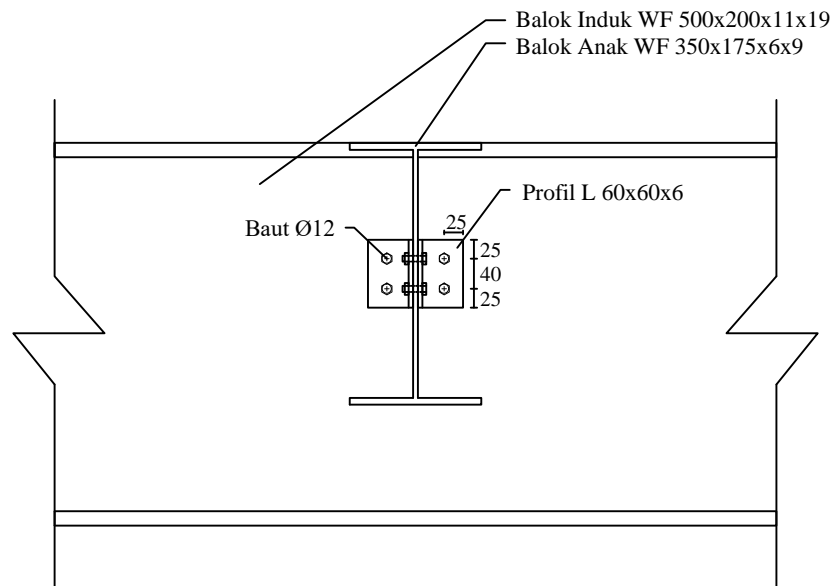
RAMP

SKALA

1:75
1:20

NO. GAMBAR

10/34



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK LANTAI (BA1)

Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

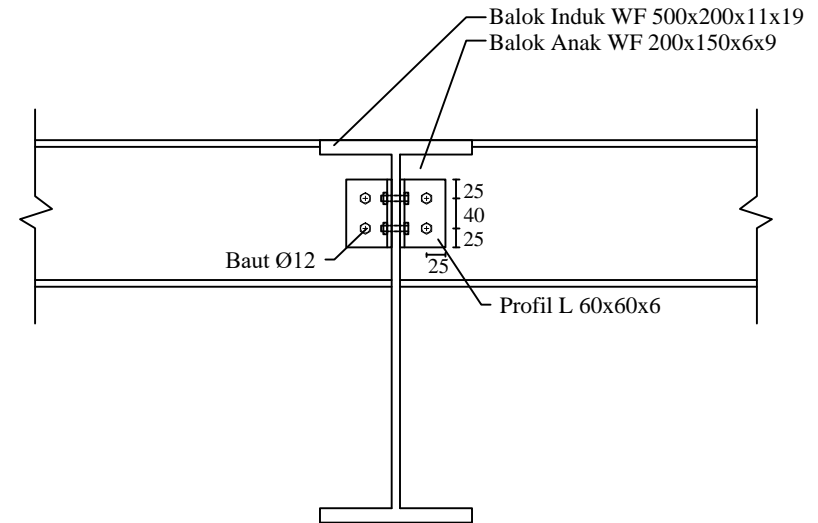
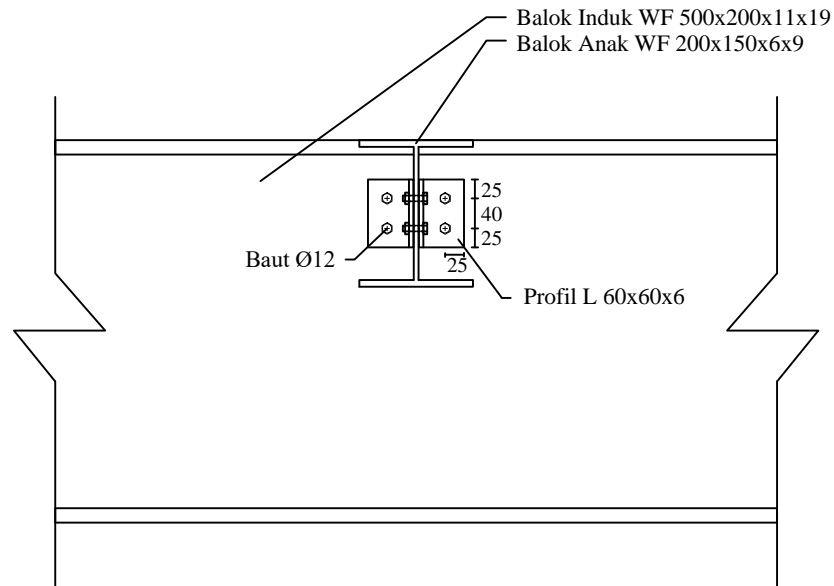
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK LANTAI
(BA1)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

11/34



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK LANTAI (BA2)

Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

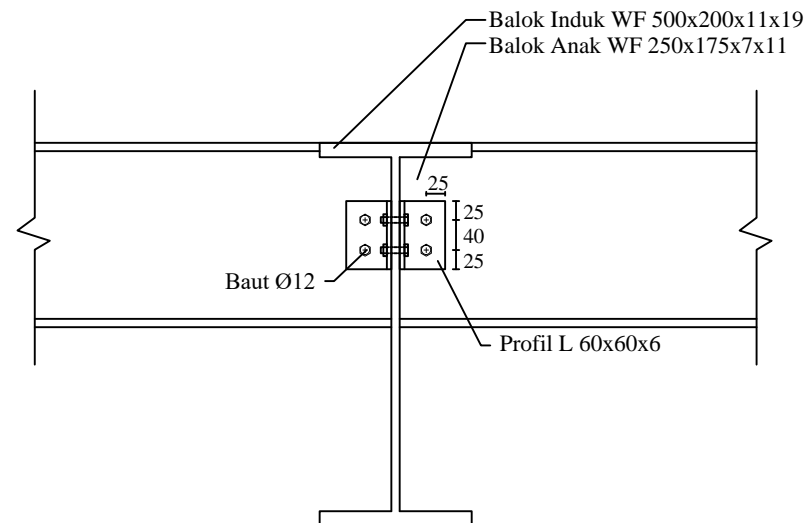
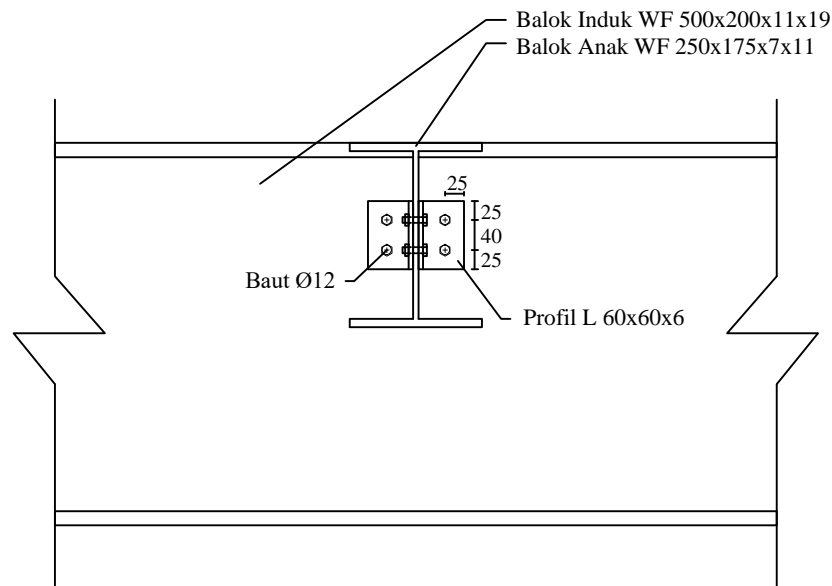
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK LANTAI
(BA2)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

12/34



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK LANTAI (BA3)

Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

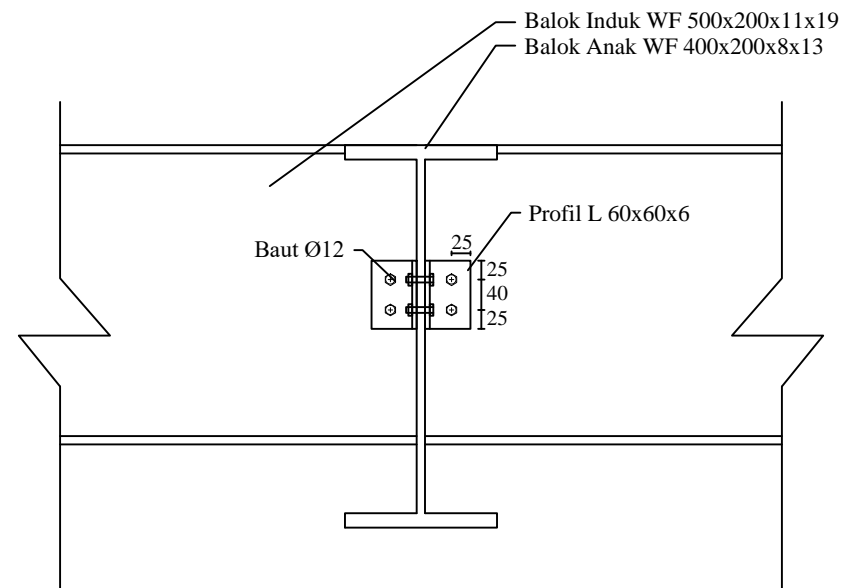
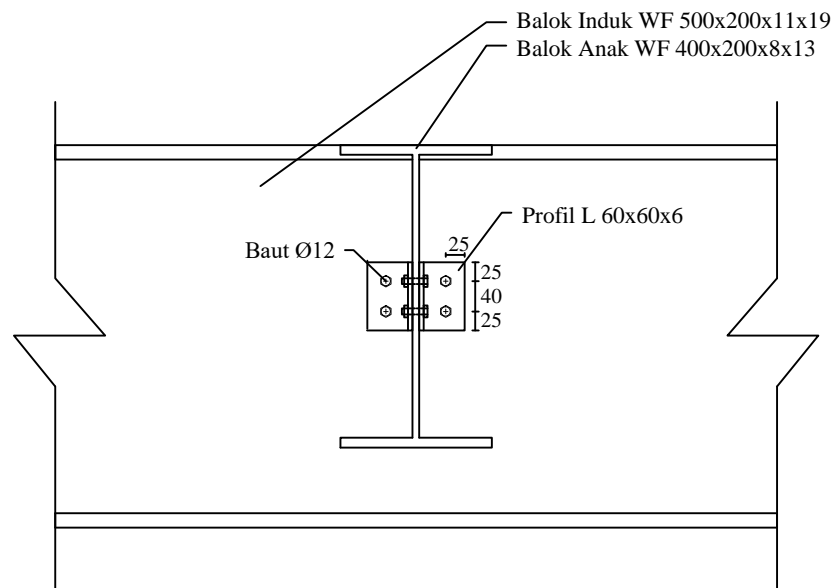
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK LANTAI
(BA3)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

13/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK LANTAI (BA4)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

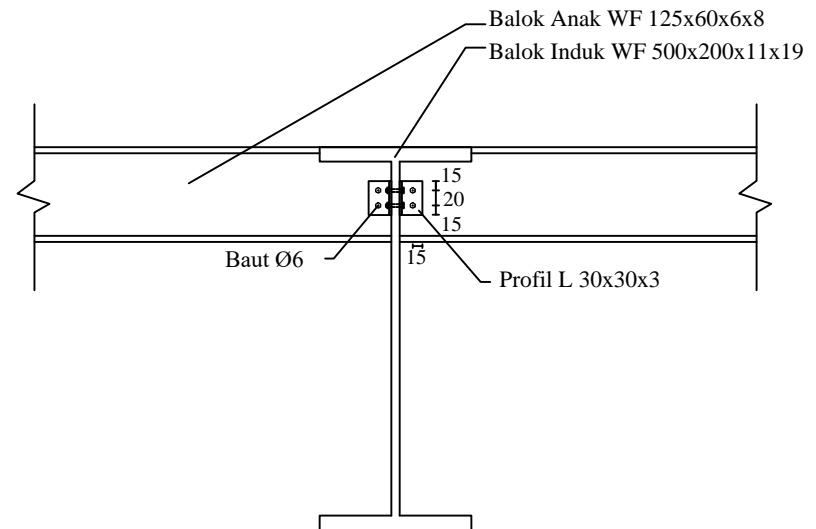
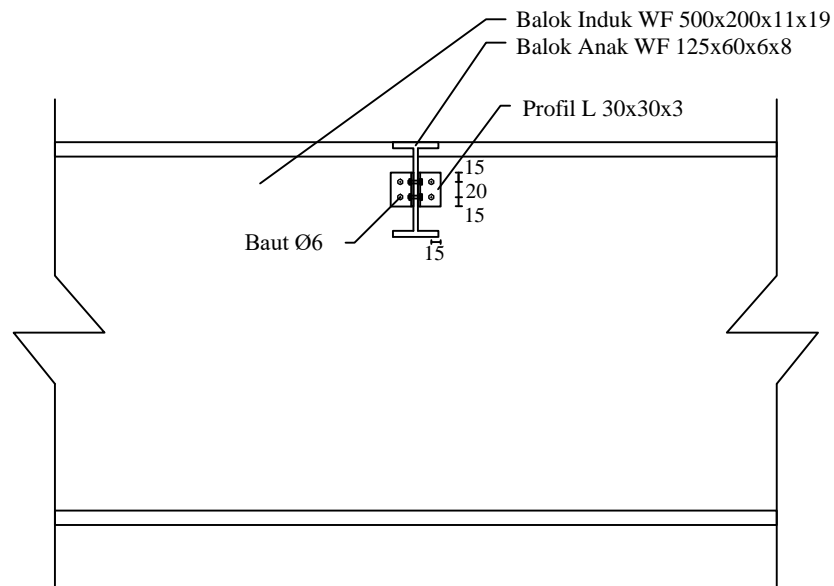
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK LANTAI
(BA4)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

14/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK LANTAI (BA9)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

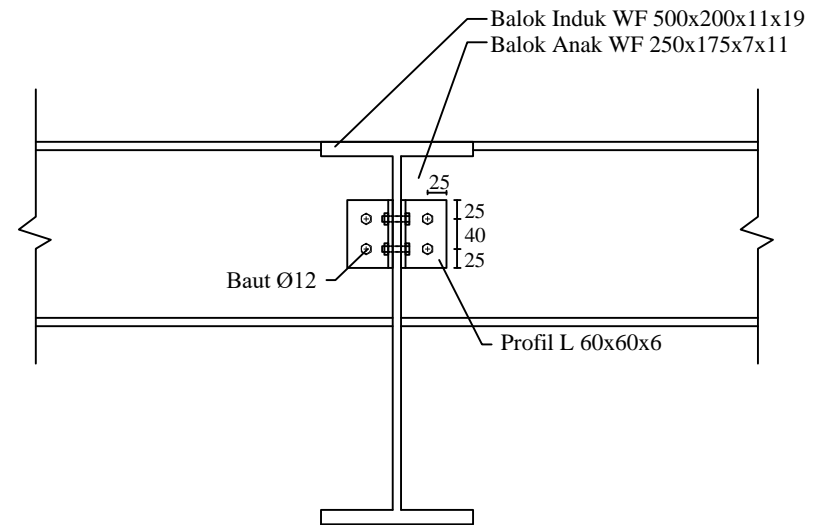
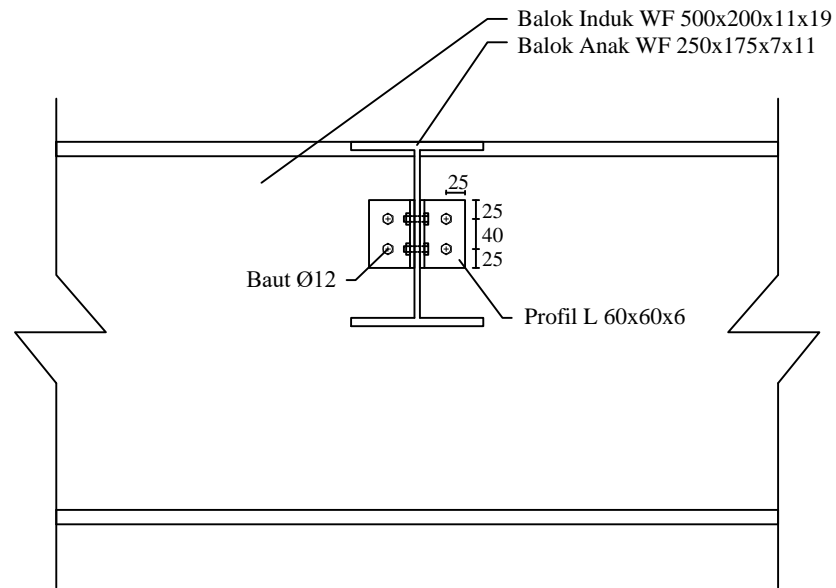
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK LANTAI
(BA9)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

15/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK ATAP (BA5)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

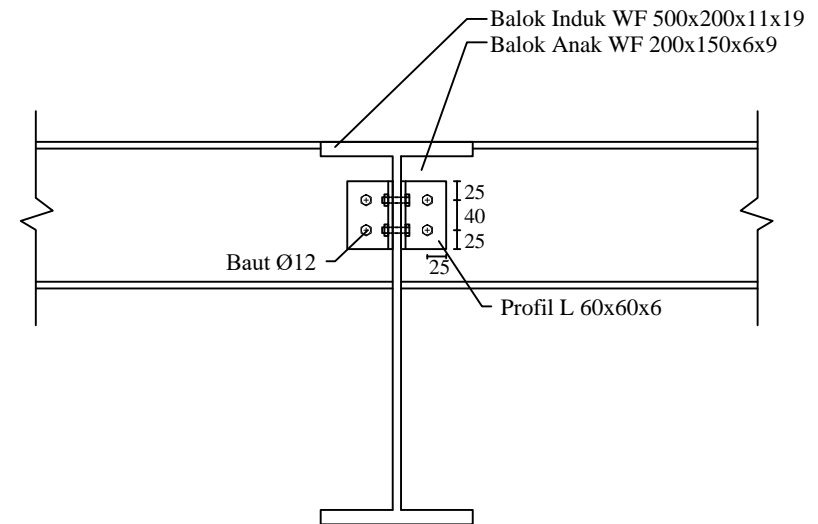
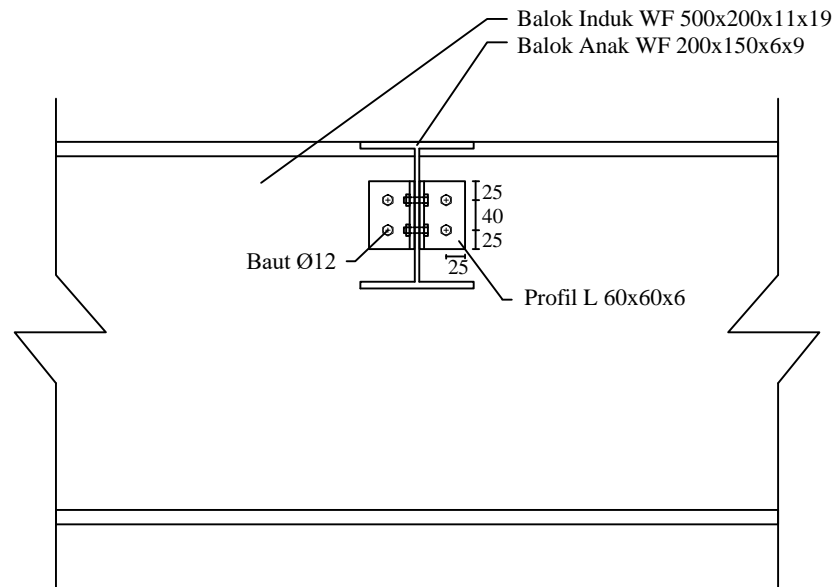
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK ATAP
(BA5)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

16/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK ATAP (BA6)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

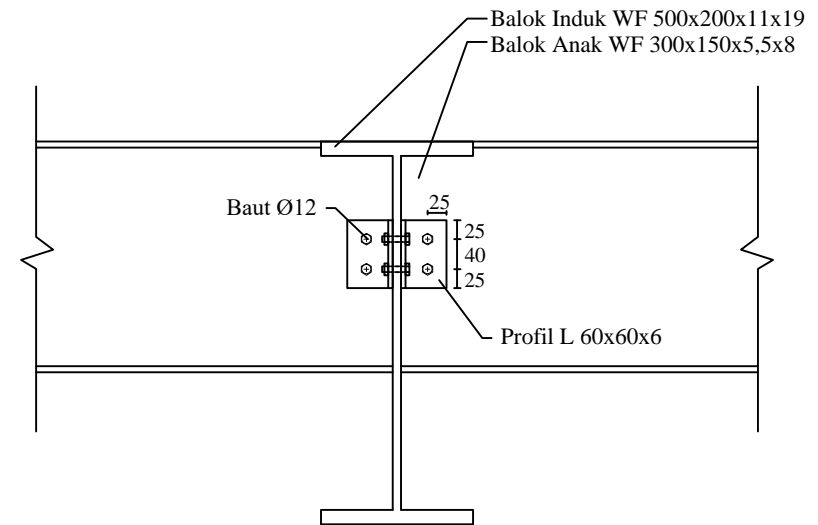
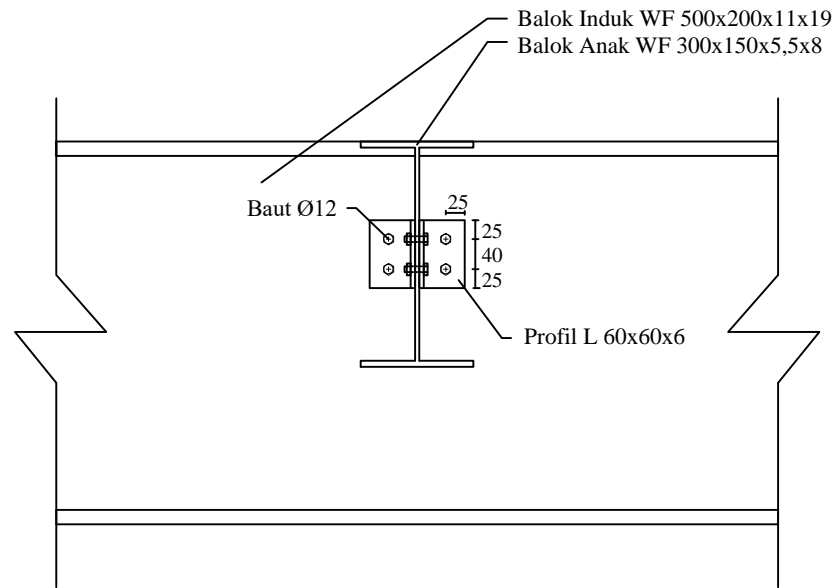
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK ATAP
(BA6)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

17/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK ATAP (BA7)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

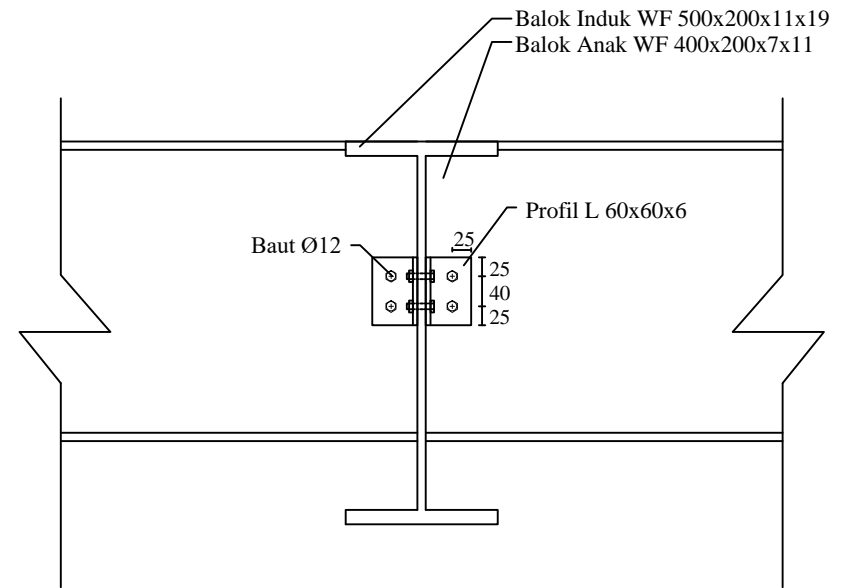
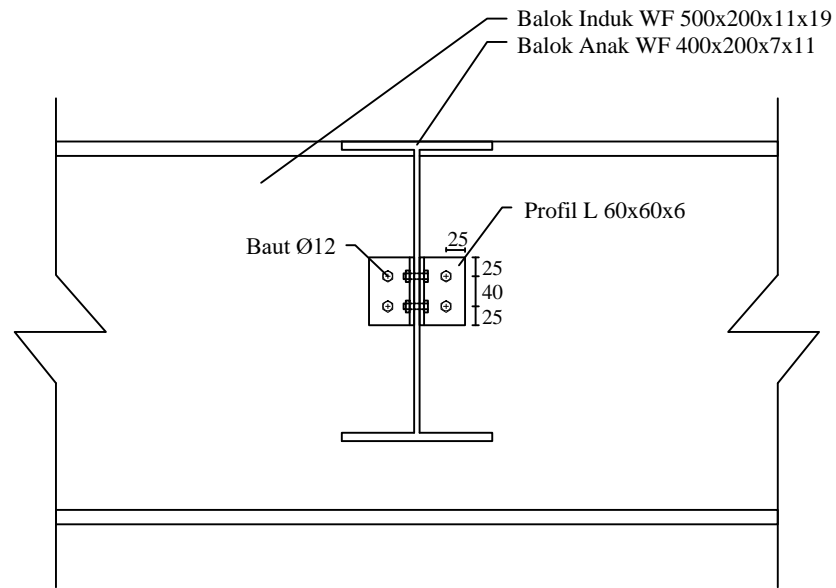
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK ATAP
(BA7)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

18/34



⊕ SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK ATAP (BA8)
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

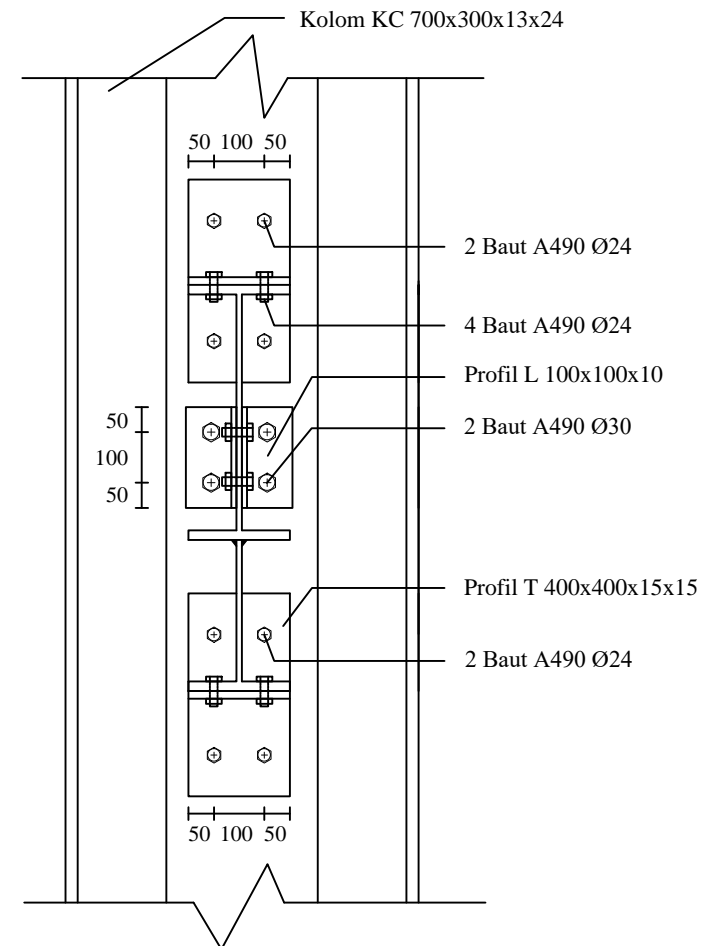
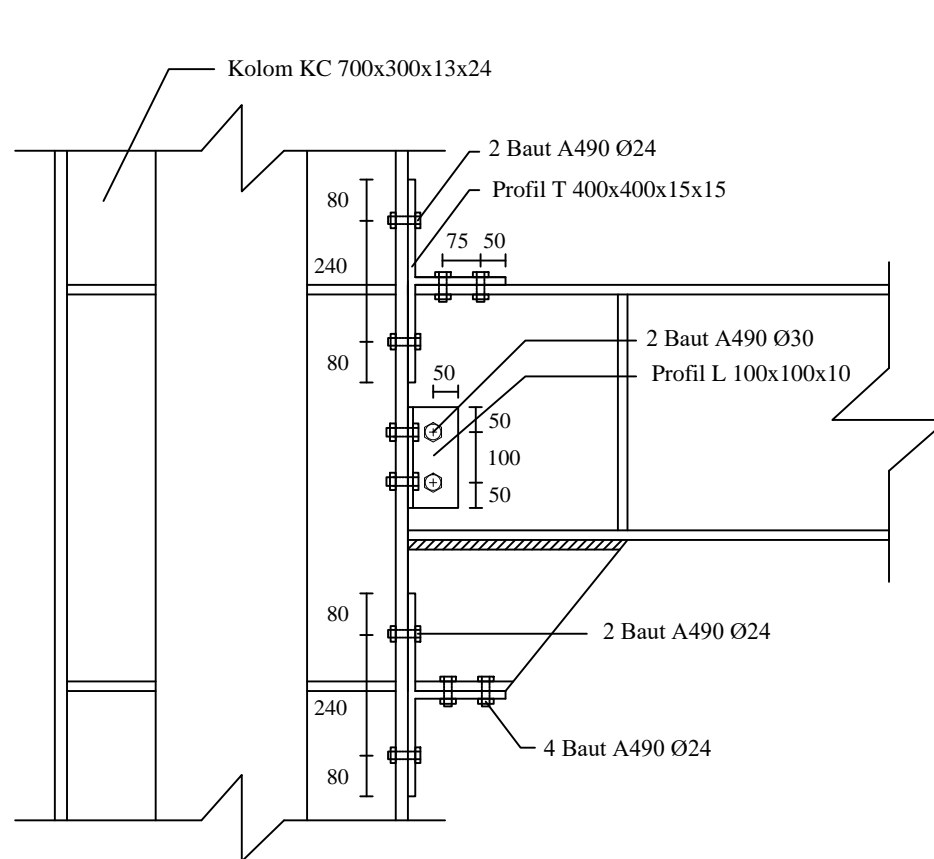
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN BALOK ANAK ATAP
(BA8)

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

19/34



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM (K1)

Skala 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

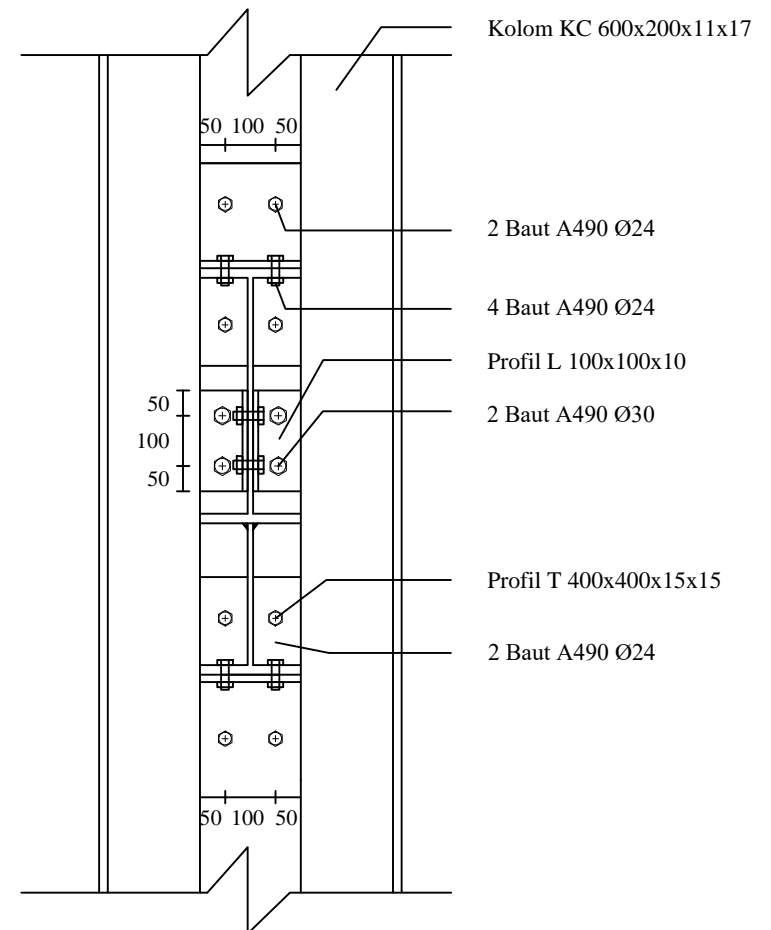
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN KOLOM (K1)


SKALA

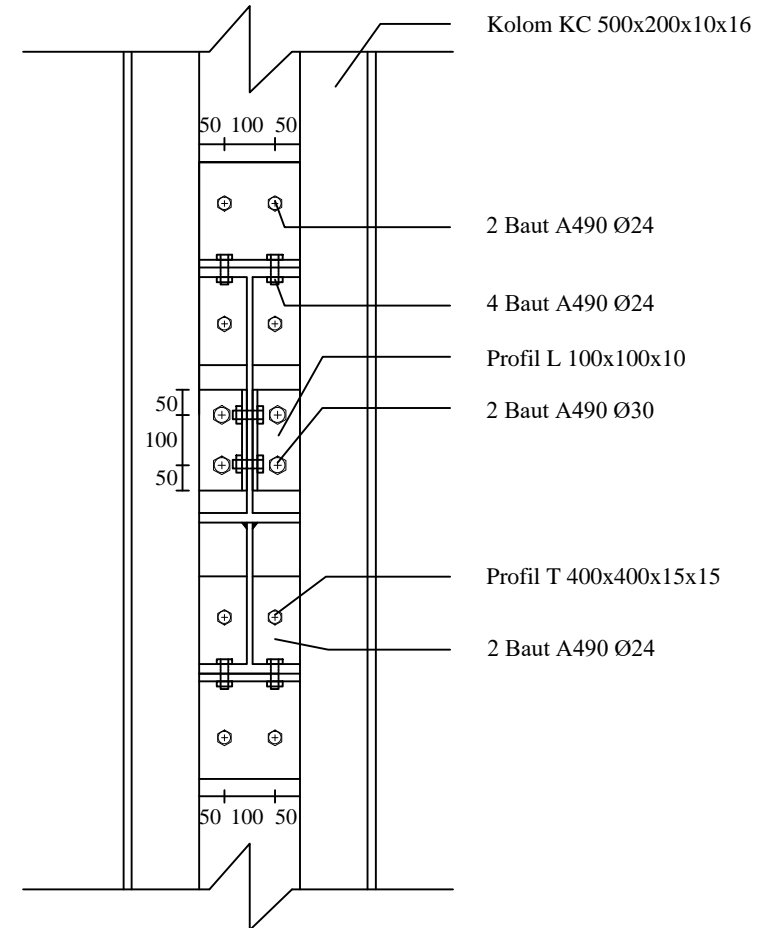
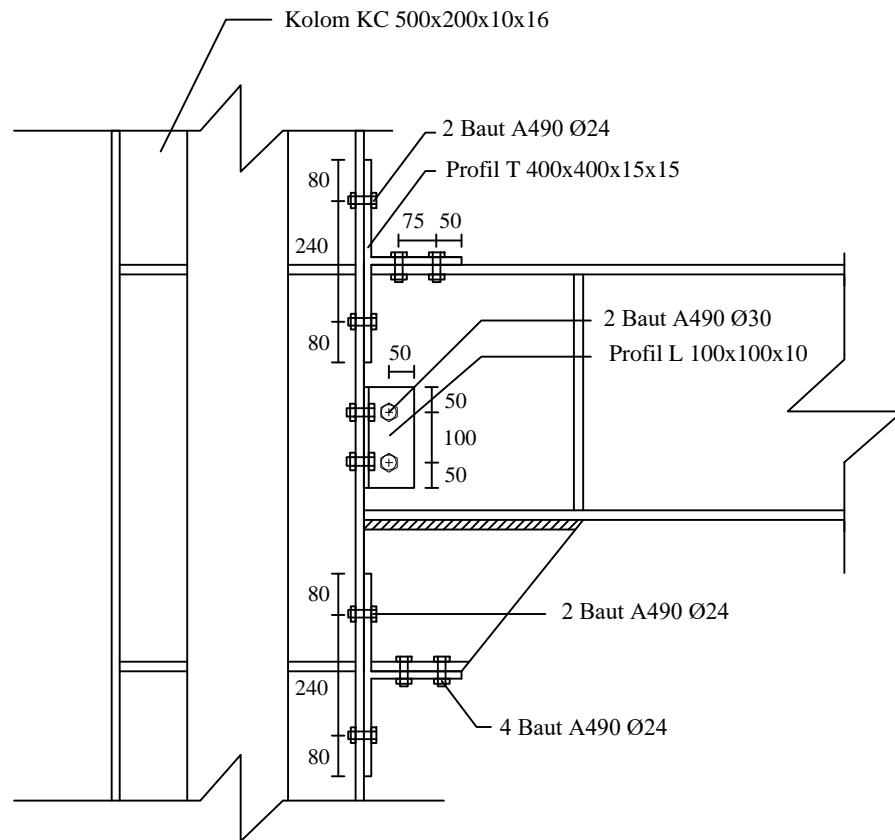
1:15

NO. GAMBAR

20/34



 <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS SURABAYA</p>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
	MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA MENGGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)	ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.	SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM (K2)	1:15	21/34
		MAHASISWA / NRP AZIIZ DWI WICAKSONO 3113100007			



⊕ **SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM (K3)**
Skala 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

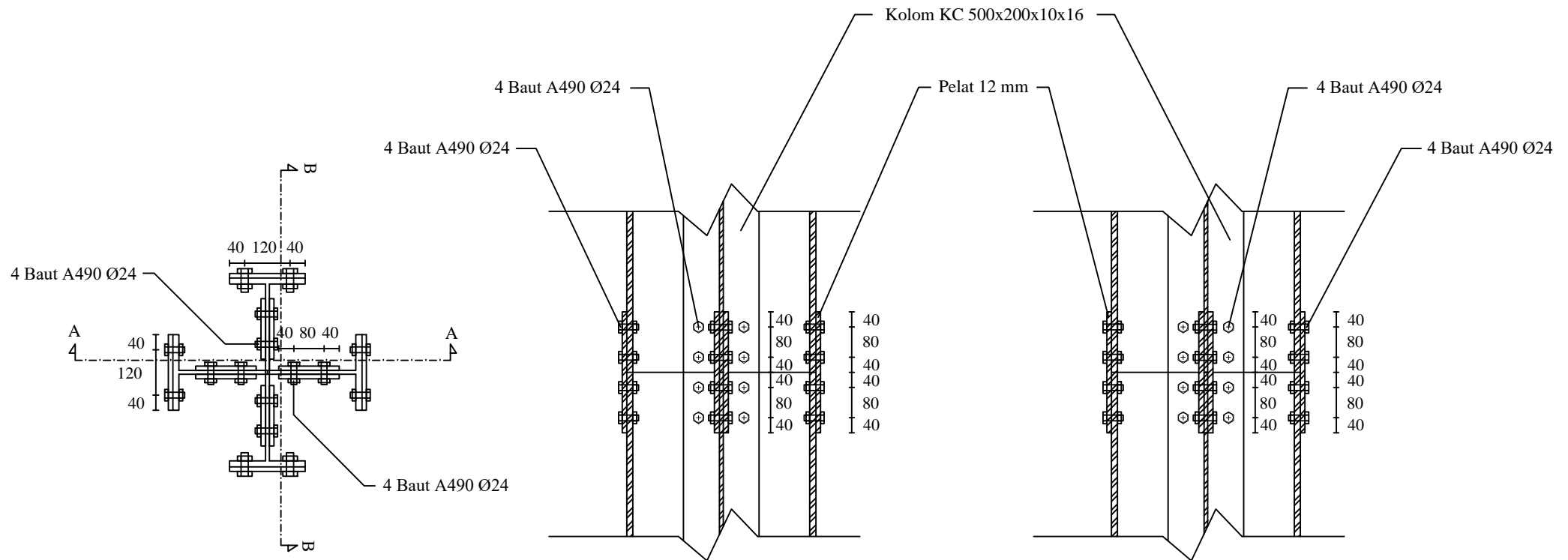
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN KOLOM (K3)

SKALA

1:15

NO. GAMBAR

22/34



⊕ SAMBUNGAN ANTAR KOLOM (K3)
Skala 1:15

⊕ POTONGAN A - A
Skala 1:15

⊕ POTONGAN B - B
Skala 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

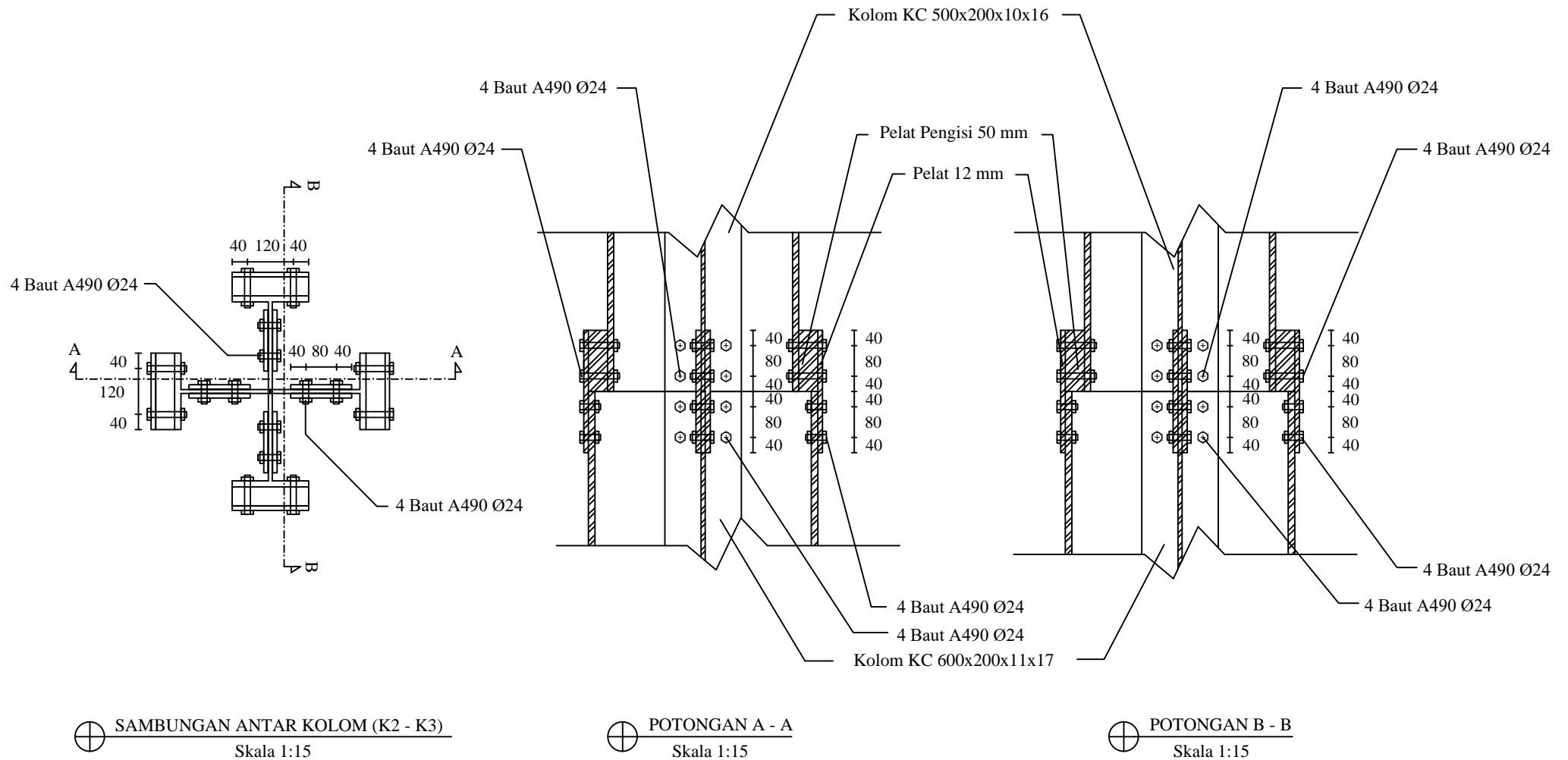
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM
(K3)

SKALA

1:15

NO. GAMBAR

25/34



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

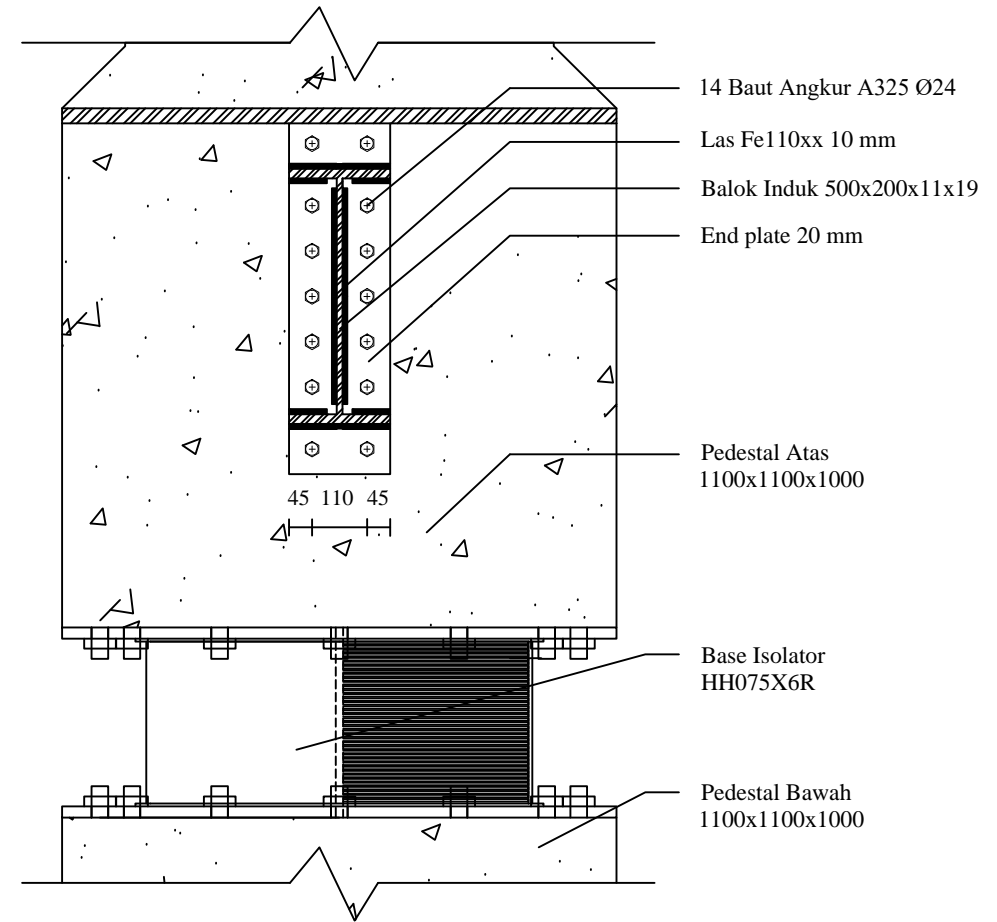
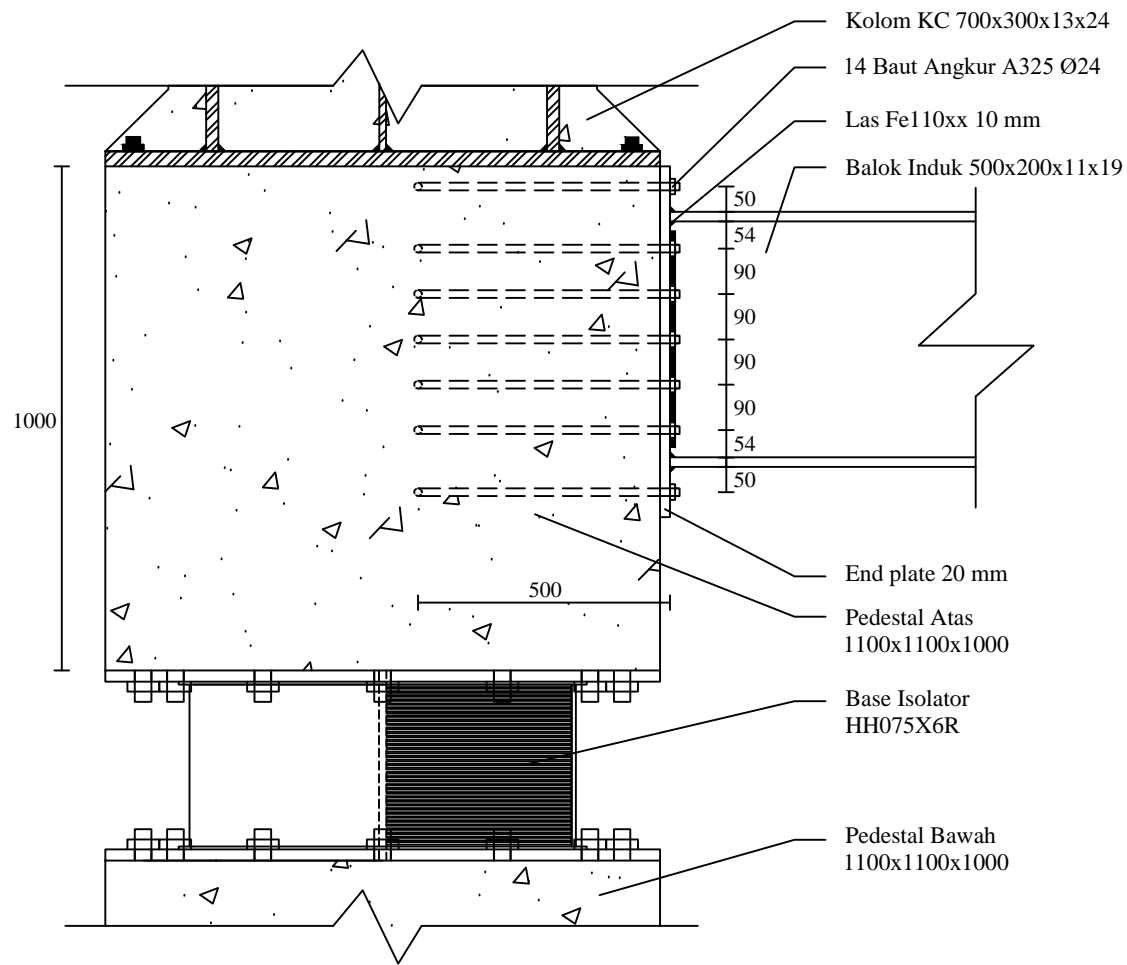
SAMBUNGAN ANTAR KOLOM
(K2-K3)

SKALA

1:15

NO. GAMBAR

27/34



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN PEDESTAL ATAS

Skala 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

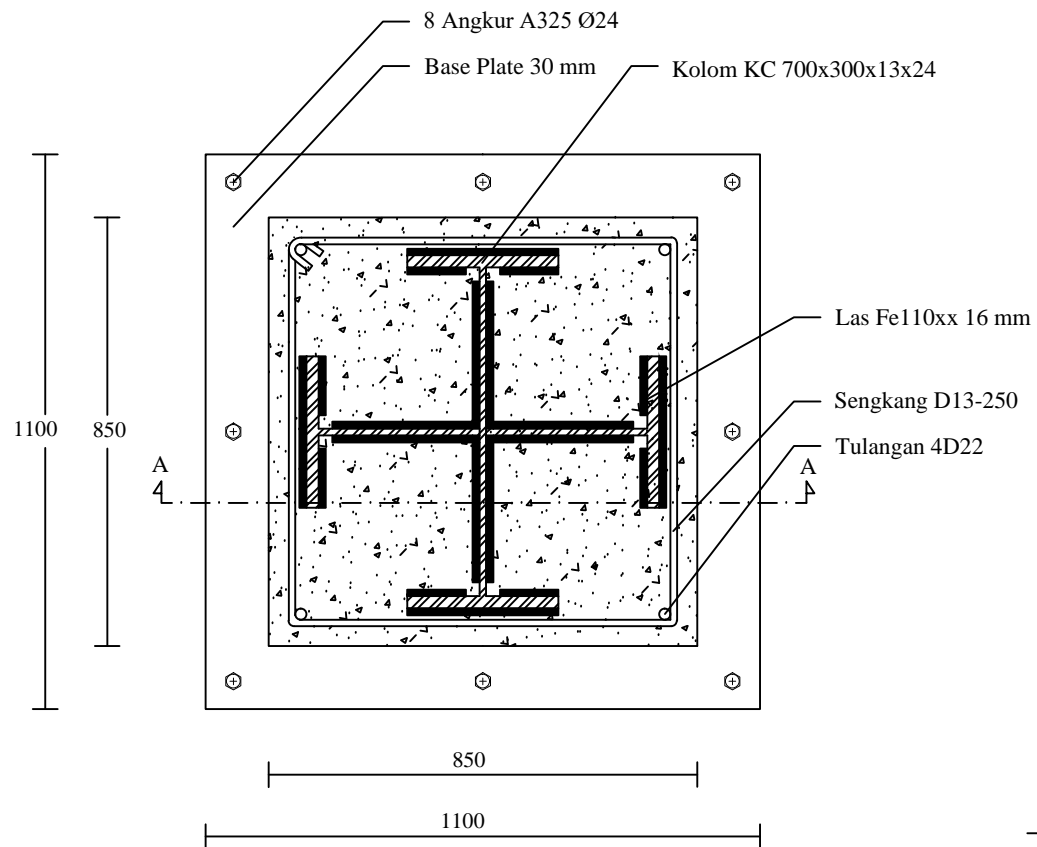
SAMBUNGAN BALOK INDUK
DENGAN PEDESTAL ATAS

SKALA

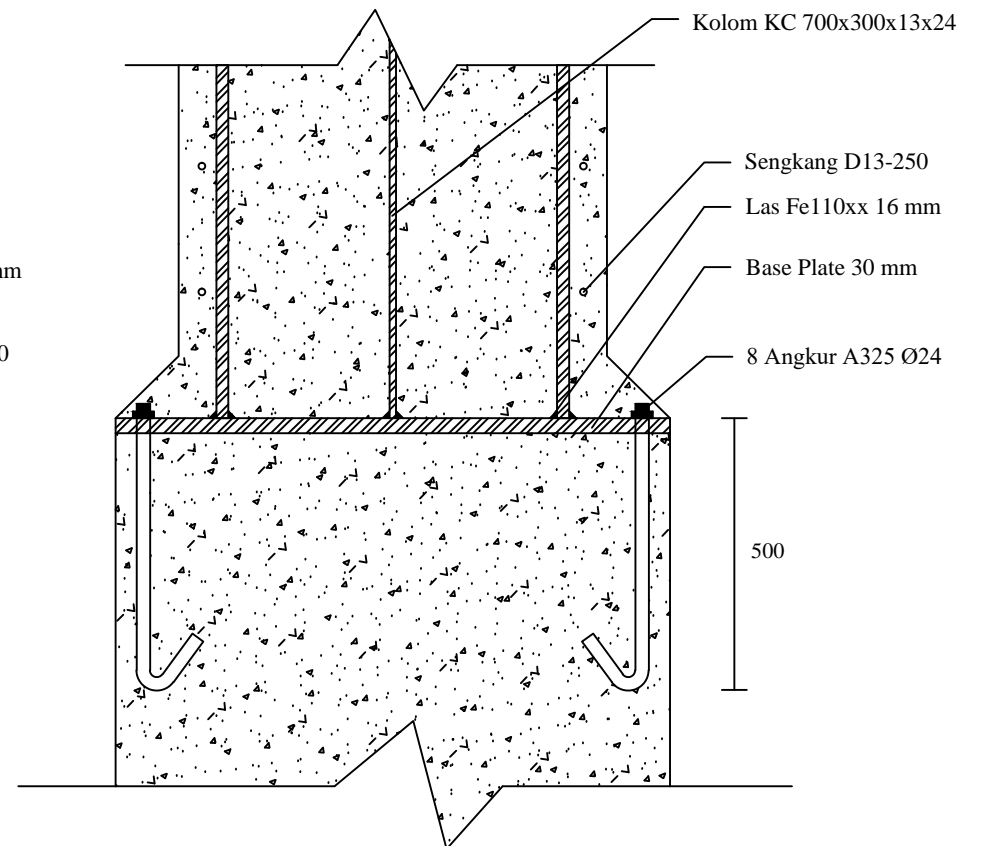
1:15

NO. GAMBAR

28/34



⊕ **SAMBUNGAN BASE PLATE**
Skala 1:15



⊕ **POTONGAN A - A**
Skala 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

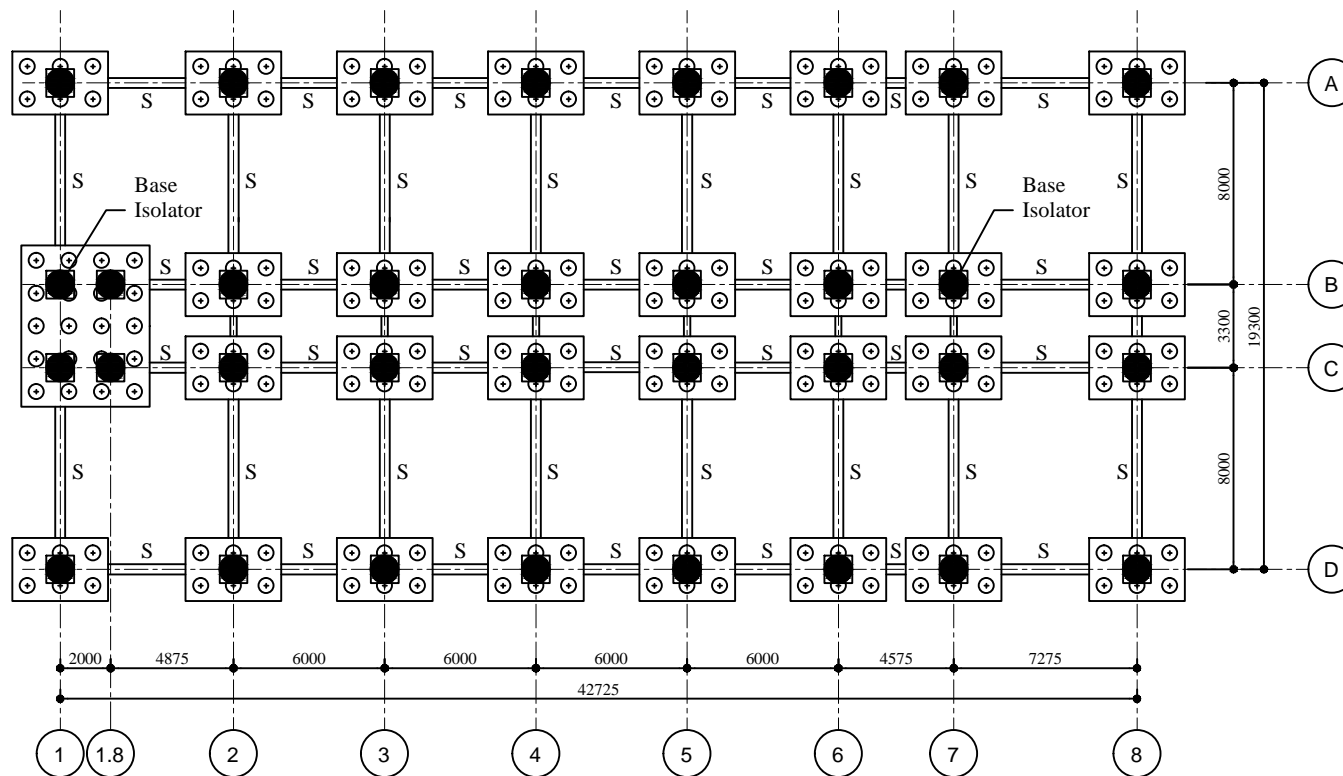
SAMBUNGAN BASE PLATE

SKALA

1:15

NO. GAMBAR

29/34



⊕ DENAH BASE ISOLATOR
Skala 1:300

KETERANGAN:

S : Sloof 400x600

Base Isolator : HH075X6R



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

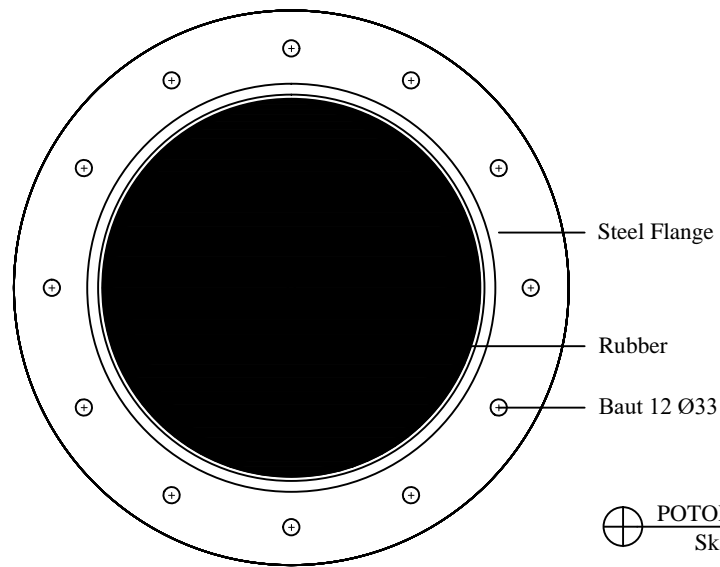
DENAH BASE ISOLATOR

SKALA

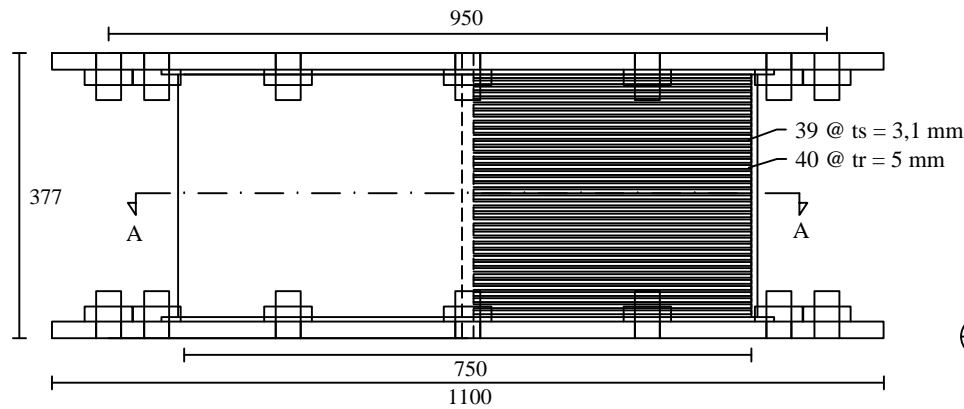
1:300

NO. GAMBAR

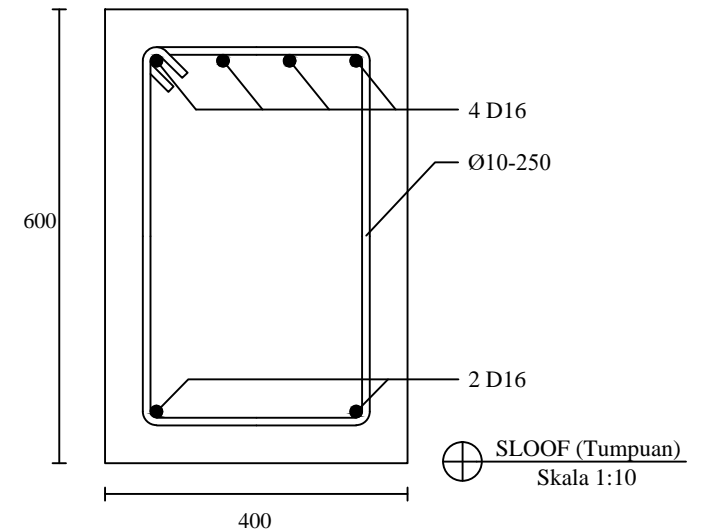
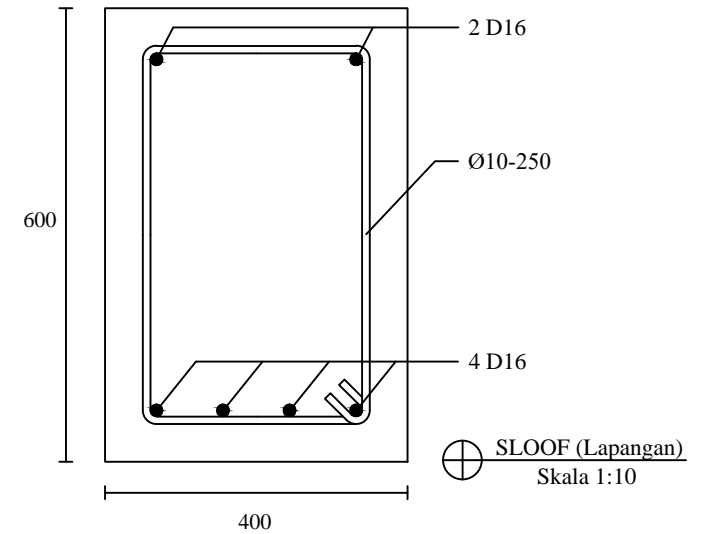
30/34



POTONGAN A-A
Skala 1:15



BASE ISOLATOR
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

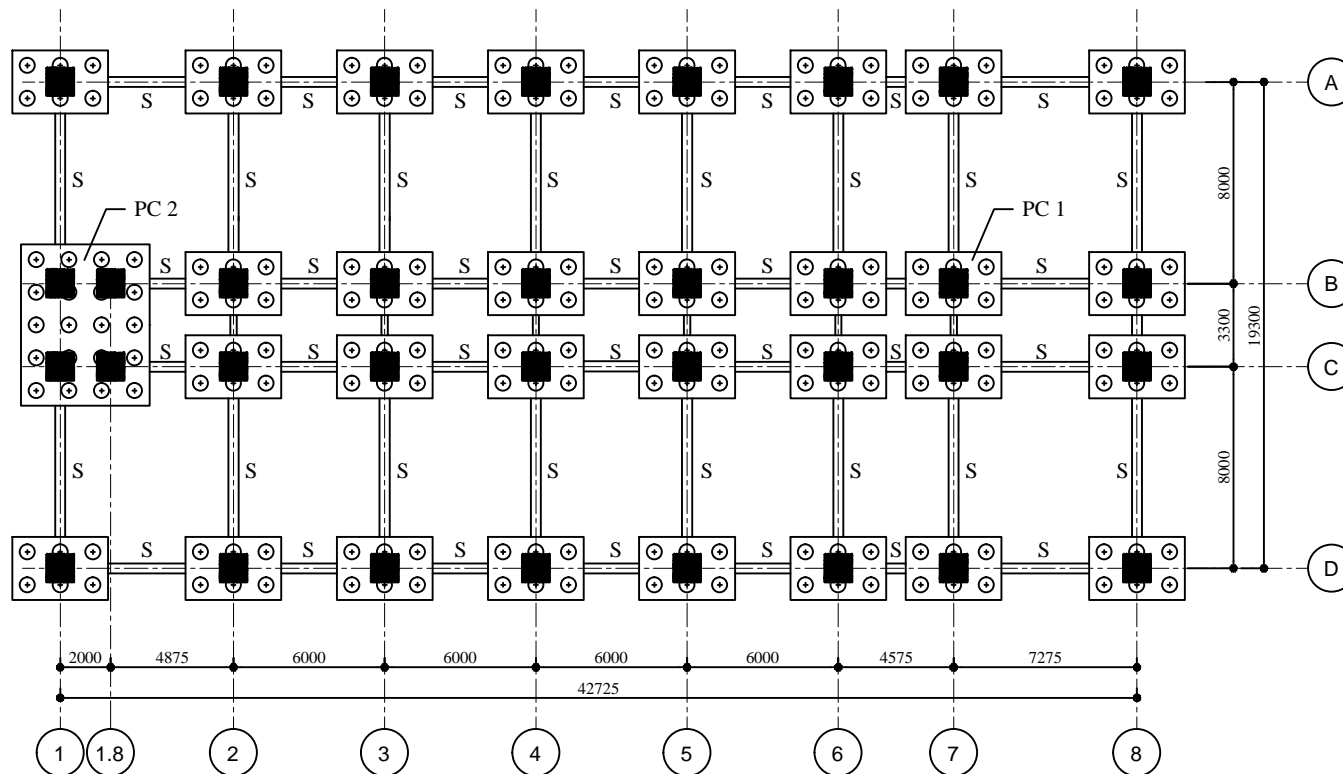
BASE ISOLATOR & SLOOF

SKALA

1:10

NO. GAMBAR

31/34



⊕ DENAH PONDASI
Skala 1:300

KETERANGAN:

S : Sloof 400x600

PC 1 : Pile Cap Tipe 1 (3800x2500x1000)

PC 2 : Pile Cap Tipe 1 (5100x6400x1000)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

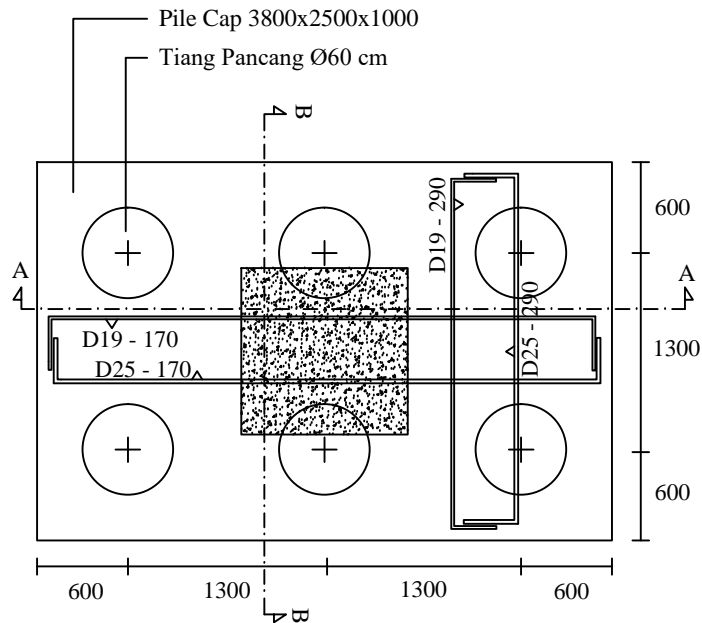
DENAH PONDASI

SKALA

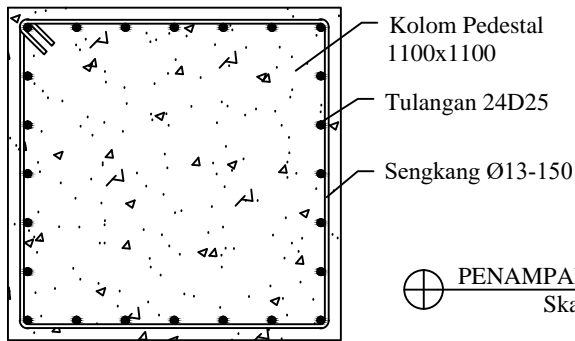
1:300

NO. GAMBAR

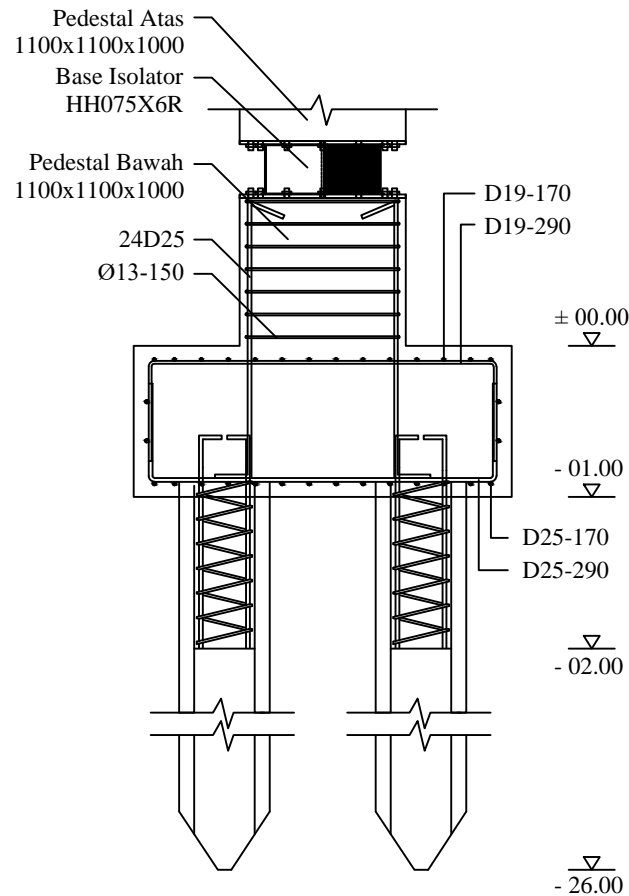
32/34



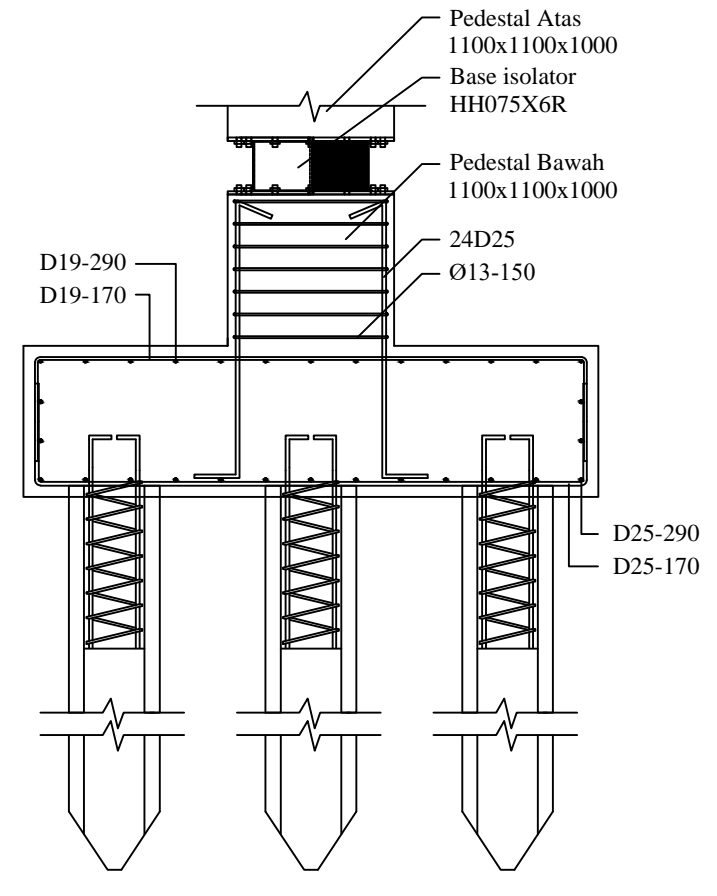
⊕ PILECAP TIPE 1
Skala 1:50



⊕ PENAMPANG PEDESTAL
Skala 1:25



⊕ POTONGAN B-B
Skala 1:50



⊕ POTONGAN A-A
Skala 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

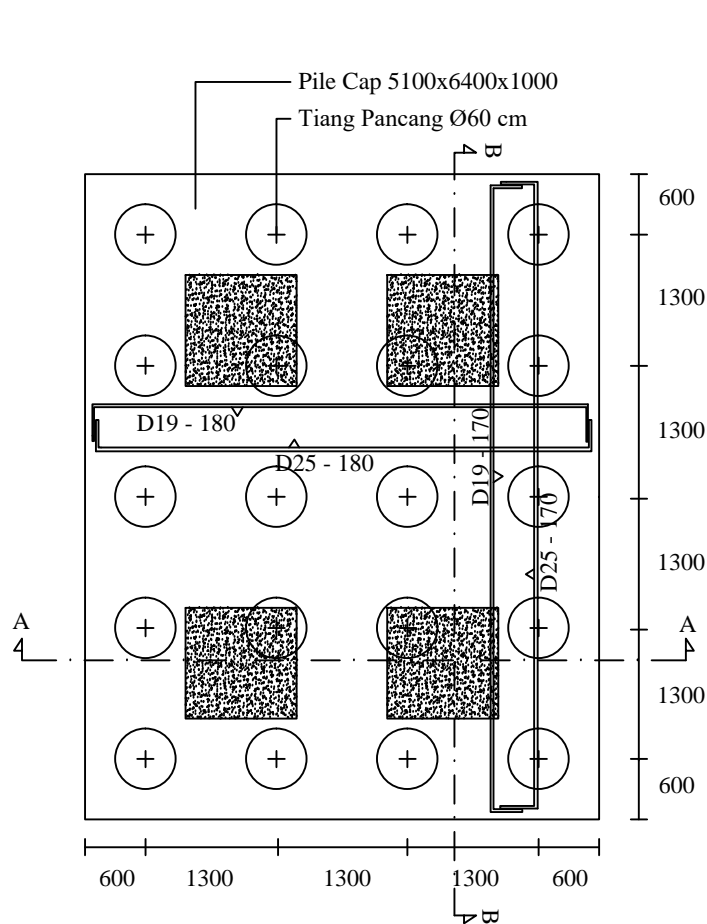
PILECAP TIPE 1

SKALA

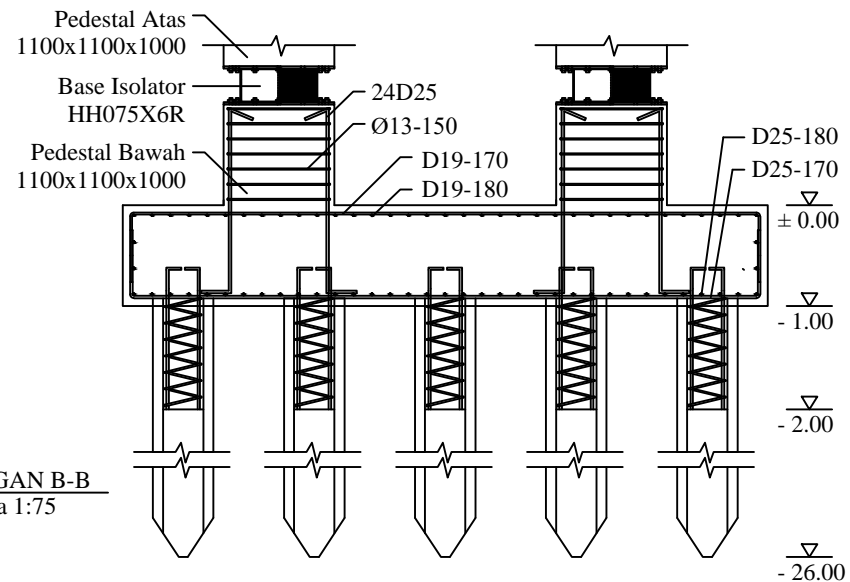
1:50
1:25

NO. GAMBAR

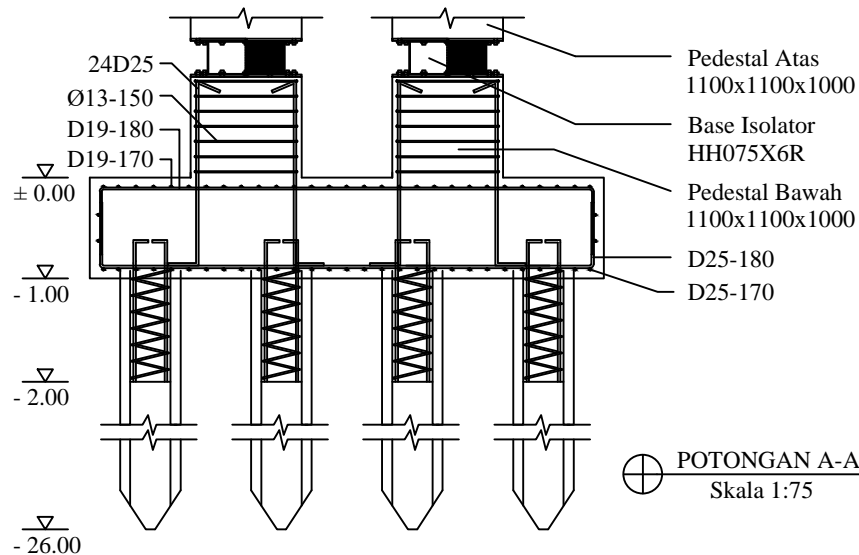
33/34



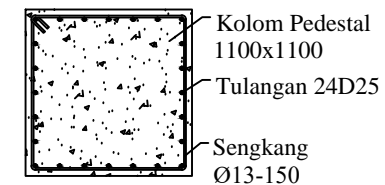
PILECAP TIPE 2
Skala 1:75



POTONGAN B-B
Skala 1:75



POTONGAN A-A
Skala 1:75



PENAMPANG PEDESTAL
Skala 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH
SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KOJA JAKARTA
MENGUNAKAN KOMPOSIT BAJA-BETON
DENGAN BASE ISOLATOR : HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., MSc., PhD.

MAHASISWA / NRP

AZIIZ DWI WICAKSONO
3113100007

JUDUL GAMBAR

PILECAP TIPE 2

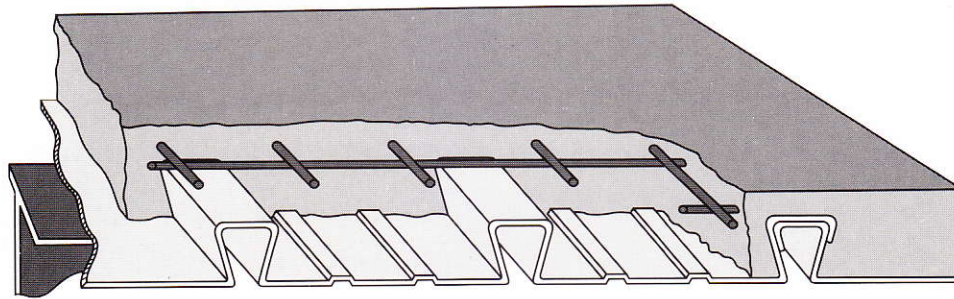
SKALA

1:75
1:50

NO. GAMBAR

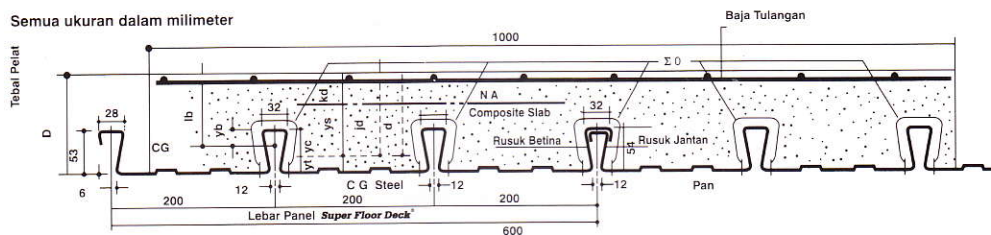
34/34

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	Ip	Zpc	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁴ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁴ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁴ x mm ⁴	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

In = idem untuk daerah momen negatif

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

= Ip (1.26 - 0.26 Ip/in)

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
BEAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		200	300	400	500	600	750	1000		200	300	400	500	600	750	1000		200	300	400	500	600	700	1000												
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M											
		TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M											
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	2.25	9	9	9	9	9	9	10	11	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	9	10	14	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
	3.50	12	12	12	13	14	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95						
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58								

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

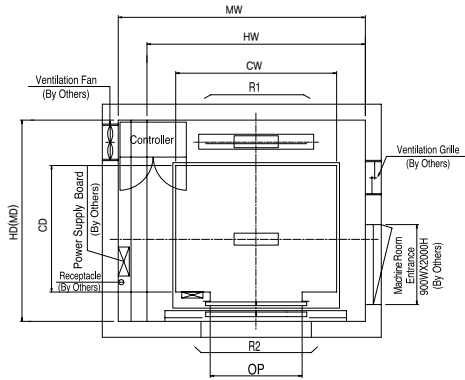
- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

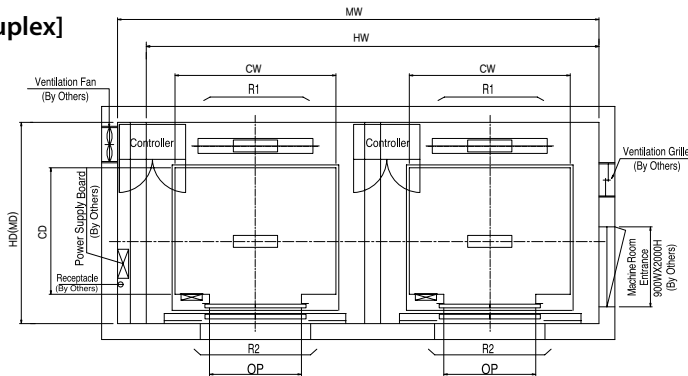
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

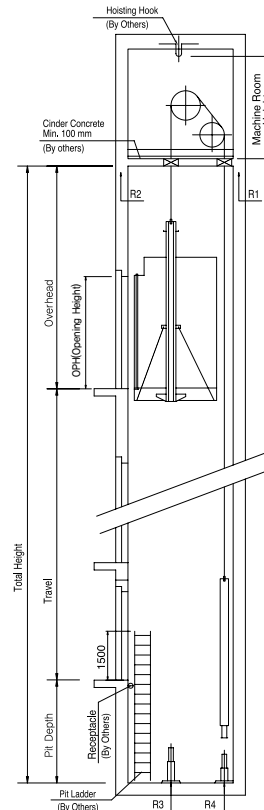
[Simplex]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)
Standard / EN	1	450~1000	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travel≤100	4300			4500
		1150/1600	Travel≤80	4300			
	1.5	450~1000	80<Travel≤100	4650	1450		3000
		1350	Travel≤100	4400			4500
		1150/1600	Travel≤80	4400			
	1.75	450~1000	80<Travel≤100	4750	1600		3000
		1350	Travel≤100	4500			4500
		1150/1600	Travel≤80	4500			
MS2021	1	410~1025	Travel≤100	4200	1400	2550	3000
		1365	Travel≤100	4300		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4300			
	1.5	410~1025	80<Travel≤100	4650	1450	2550	3000
		1365	Travel≤100	4400		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4400			
	1.75	410~1025	80<Travel≤100	4750	1600	2550	3000
		1365	Travel≤100	4500		2400	4500
		1160/1365	Travel≤80	4500			
Standard / EN	2	800~1600	Travel≤130	5100	1900	2300	4500
	2.5			5300	2200		

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700

Product Specification & Description of Performance Characteristics

High Damping Rubber Bearing (HDR)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport

MVBR-0468 (X 0.4R) Acquired in December 2012

MVBR-0430 (X 0.6R) Acquired in February 2011

Product Dimension

Item		Description
Shape & dimensions of each part	Outer diameter : D_o (mm)	
	Inner diameter : D_i (mm)	
	Effective plane area : A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	
	Thickness of each rubber layer : t_r (mm)	
	Number of rubber layers : n	
	Total rubber thickness : $H = n \times t_r$ (mm)	
	First shape factor $S_1 = (D_o - D_i) / (4 \times t_r)$	
	Second shape factor $S_2 = D_o / (n \times t_r)$	
	Diameter of flange : D_f (mm)	
	Thickness of flange: edge/center : t_e/t_r (mm)	
	Connecting bolt PCD : PCD (mm)	
	Diameter of connecting bolt hole x qty : d_o (mm) x qty	
	Bolt size (assumption) : M ($d_o - 3$)	
	Thickness of each reinforced steel plate : t_s (mm)	
	Total height : H_t (mm)	
	Total weight 1 (kN) = 1/9.80665 (tonf)	

Rubber Material

Rubber code
(standard temperature 20°C, standard strain $\gamma = 100\%$)

Rubber code	Shear modulus G_{eq} (N/mm ²)	Equivalent damping ratio H_{eq}
X0.4R	0.392	0.220
X0.6R	0.620	0.240

Combination of rubber materials
(weight ratio %)

Rubber designation	Natural rubber Synthetic rubber	Reinforcement agent, Filler	Vulcanization agent and others
Rubber layers			
X0.4R	35 and above	20 and above	45 and below
X0.6R	35 and above	25 and above	40 and below
Cover rubber	40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm ²)	Young's modulus E (N/mm ²)	Bulk modulus E_∞ (N/mm ²)	Young's modulus correction factor according to hardness
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251			
Inner rubber	X0.4R	7 以上	840 以上	37 ± 8	0.43 ± 0.2	6.2	1300
	X0.6R	8.5 以上	780 以上	53 ± 5	0.73 ± 0.2	7.6	1500
Cover rubber	12 以上	600 以上	—	—			

Steel Material

Each steel part

	Material
Reinforced steel plate	SS400 (JIS G 3101)
Flange plate*1	SS400 (JIS G 3101)
Connecting plate*1	SS400 (JIS G 3101)

*1: Optionally SM490 (JIS G 3106).

Anti-rust treatment of flange plate

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 (SIS Sa 2 1/2)	
Primer	Zinc-rich paint	75 μ m x 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint	60 μ m x 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint	35 μ m x 1 coat
Total film thickness	170 μ m and above	

*1: Standard color is gray.

*2: Others anti-rust treatment of flange plate than painting are also available.
Please contact us for more details.

Design Characteristics of High Damping Rubber Bearing

Dimension and Performance Properties of H-RB

● HH-Series (Total Rubber Thickness 200mm)

Code

Designation	Compound	Shear Modulus (N/mm ²)	Equivalent Damping Ratio
X4R	X0.4R	0.392	0.220

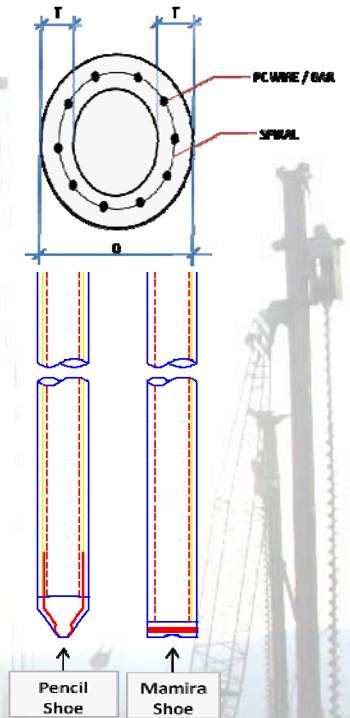
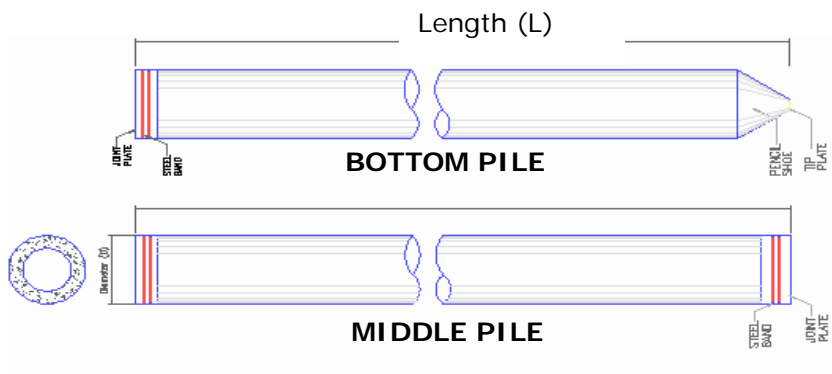
Characteristics		HH060X4R	HH065X4R	HH070X4R	HH075X4R	HH080X4R	HH085X4R	HH090X4R	HH095X4R	HH100X4R	HH110X4R	HH120X4R	HH130X4R	HH140X4R	HH150X4R
Physical Dimensions	Outer Diameter (mm)	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500
	Inner Diameter (mm)	15	15	15	15	20	20	20	20	25	55	55	55	65	65
	Effective Plane Area (× 10 ² mm ²)	2826	3317	3847	4416	5023	5671	6359	7085	7849	9480	11286	13249	15361	17638
	Thickness of One Rubber Layer (mm)	4.0	4.4	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.4	6.7	7.4	8.0	8.7	9.5	10
	Number of Rubber Layers (—)	50	45	43	40	37	35	33	31	30	27	25	23	21	20
	Total Rubber Thickness (mm)	200	198	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200
	First Shape Factor (—)	36.6	36.1	36.4	36.8	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.3	35.8	35.8	35.1	35.9
	Second Shape Factor (—)	3.00	3.28	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.98	5.51	6.00	6.50	7.02	7.50
	Diameter of Flange (mm)	900	950	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
	Thickness of Flange (mm)	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	28/36	28/36	28/36	30/38	32/40	32/40	50/100	50/100
	Diameter of Bolt Center (mm)	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1700
	Diameter (Number) of Fixing bolts (mm)	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ39×12	φ39×12	φ39×12	φ39×12	φ42×12	φ42×12
	Supposed Bolt (—)	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M36	M36	M36	M36	M39	M39
	Thickness of One Reinforcing Steel Plate (mm)	3.1	3.1	3.1	3.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	5.8
	Height (mm)	407.9	390.4	388.3	376.9	422.2	413.1	410.8	402.4	400.6	390.2	385.6	376.9	515.5	510.2
	Total Weight (KN)	6.5	7.0	7.9	8.9	11.9	12.9	14.6	15.6	17.3	20.1	23.3	26.0	50.1	55.2
Compression Properties	Critical Stress (N/mm ²)	γ=0 σ _{cr}	26	29	31	36	39	42	46	49	52	57	62	68	78
	Ultimate Compressive Stress (N/mm ²)	(γ ₀ , σ ₀)	(0,20)	(0,23)	(0,25)	(0,28)	(0,30)	(0,33)	(0,35)	(0,38)	(0,40)	(0,40)	(0,40)	(0,40)	(0,40)
		(γ ₁ , σ ₁)	(0,7,20)	(0,7,23)	(0,8,25)	(0,8,28)	(0,8,30)	(0,9,33)	(0,9,35)	(1,0,38)	(1,1,40)	(1,6,40)	(2,1,40)	(2,6,40)	(3,1,40)
		(γ ₂ , σ ₂)	(2,7,3)	(2,9,3)	(3,1,3)	(3,3,3)	(3,6,4)	(3,8,4)	(3,9,6)	(3,9,8)	(4,0,10)	(4,0,15)	(4,0,20)	(4,0,25)	(4,0,31)
	Compressive Stiffness (× 10 ³ kN/m)		1700	2020	2290	2660	3030	3420	3870	4300	4700	5690	6780	7960	10600
	Nominal Long Term Compressive Stress (N/mm ²)		4.6 ^{+0.0} _{-1.5}	5.5 ^{+0.0} _{-1.8}	6.1 ^{+0.0} _{-2.0}	7.0 ^{+0.0} _{-2.3}	7.8 ^{+0.0} _{-2.6}	8.6 ^{+0.0} _{-2.9}	9.5 ^{+0.0} _{-3.2}	10.3 ^{+0.0} _{-3.4}	10.9 ^{+0.0} _{-3.6}	11.0 ^{+0.0} _{-3.7}	11.0 ^{+0.0} _{-3.7}	11.0 ^{+0.0} _{-3.7}	11.0 ^{+0.0} _{-3.7}
	Nominal Long Term Column Load (kN)		1300	1830	2340	3090	3920	4900	6070	7310	8570	10400	12400	14600	19400
Shear Properties (γ=100%)	Allowable Tensile Stress (γ=100%) (N/mm ²)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Initial Stiffness (× 10 ³ kN/m)		3.49	4.14	4.70	5.45	6.21	7.02	7.93	8.82	9.64	11.7	13.9	16.4	21.8
	Post Yield Stiffness (γ=100%) (× 10 ³ kN/m)		0.349	0.414	0.470	0.545	0.621	0.702	0.793	0.882	0.964	1.17	1.39	1.64	2.18
	Characteristic Strength (kN)		41.0	48.1	55.8	64.1	72.9	82.3	92.2	103	114	137	164	192	256
	Equivalent Shear Stiffness (× 10 ³ kN/m)		0.554	0.657	0.746	0.866	0.986	1.11	1.26	1.40	1.53	1.86	2.21	2.60	3.46
	Equivalent Damping Ratio (—)		0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220

Code

Designation	Compound	Shear Modulus (N/mm ²)	Equivalent Damping Ratio
X6R	X0.6R	0.620	0.240

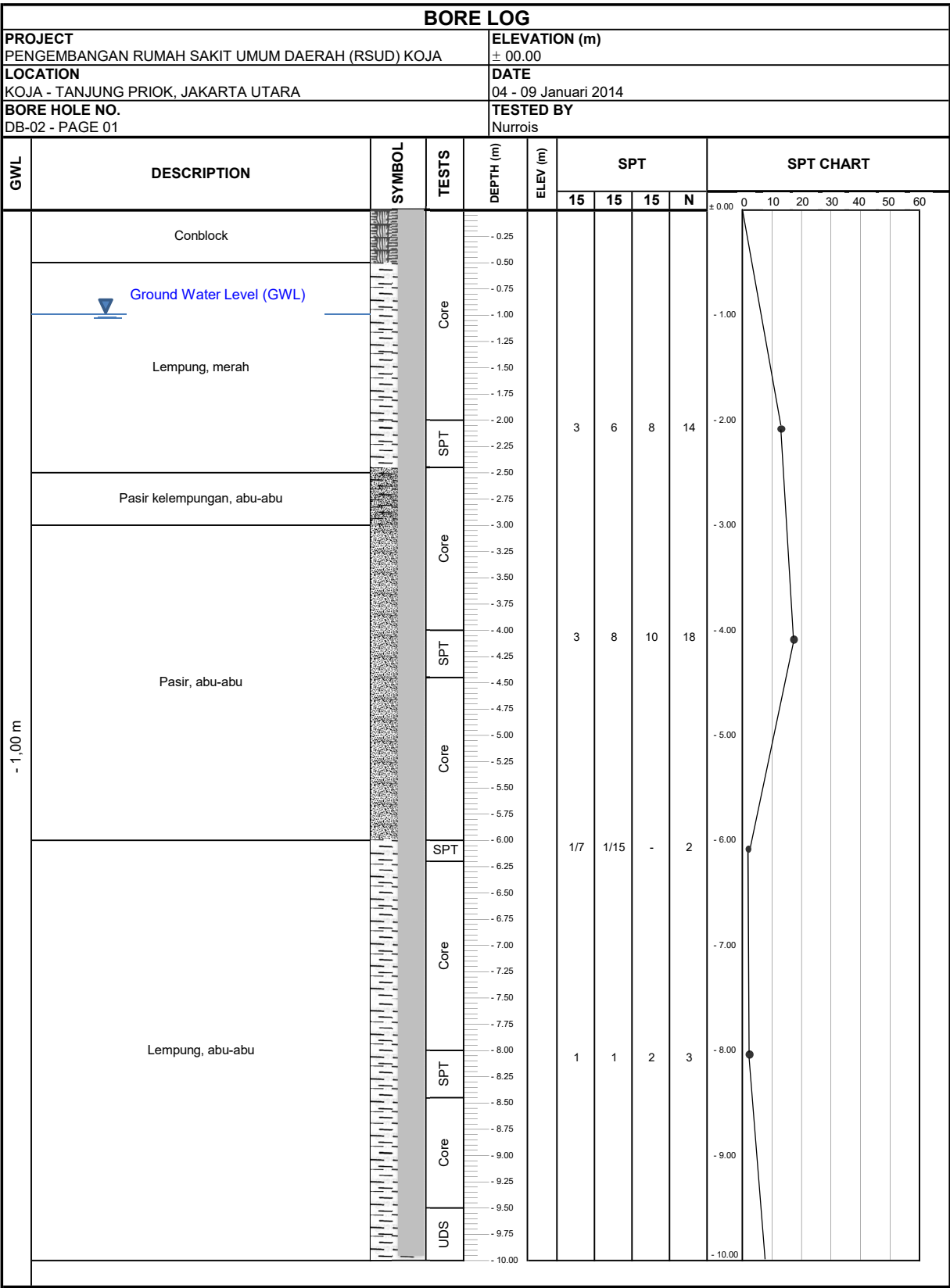
Characteristics		HH060X6R	HH065X6R	HH070X6R	HH075X6R	HH080X6R	HH085X6R	HH090X6R	HH095X6R	HH100X6R	HH110X6R	HH120X6R	HH130X6R	HH140X6R	HH150X6R	HH160X6R
Physical Dimensions	Outer Diameter (mm)	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	Inner Diameter (mm)	15	15	15	15	20	20	20	20	25	55	55	55	65	65	80
	Effective Plane Area ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	2826	3317	3847	4416	5023	5671	6359	7085	7849	9480	11286	13249	15361	17638	20056
	Thickness of One Rubber Layer (mm)	4.0	4.4	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.4	6.7	7.4	8.0	8.7	9.5	10.0	10.4
	Number of Rubber Layers (—)	50	45	43	40	37	35	33	31	30	27	25	23	21	20	19
	Total Rubber Thickness (mm)	200	198	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	198
	First Shape Factor (—)	36.6	36.1	36.4	36.8	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.3	35.8	35.8	35.1	35.9	36.5
	Second Shape Factor (—)	3.00	3.28	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.98	5.51	6.00	6.50	7.02	7.50	8.10
	Diameter of Flange (mm)	900	950	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
	Thickness of Flange (mm)	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	28/36	28/36	28/36	30/38	32/40	32/40	37/45	42/50	50/110
	Diameter of Bolt Center (mm)	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1800
	Diameter (Number) of Fixing bolts (mm)	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 33 \times 12$	$\phi 39 \times 12$	$\phi 39 \times 12$	$\phi 39 \times 12$	$\phi 39 \times 12$	$\phi 42 \times 12$	$\phi 42 \times 16$	$\phi 45 \times 12$
	Supposed Bolt (—)	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M36	M36	M36	M36	M39	M39	M42
	Thickness of One Reinforcing Steel Plate (mm)	3.1	3.1	3.1	3.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	5.8	5.8
	Height (mm)	407.9	390.4	388.3	376.9	422.2	413.1	410.8	402.4	400.6	390.2	385.6	376.9	405.5	410.2	522.0
	Total Weight (KN)	6.5	7.0	7.9	8.9	11.9	12.9	14.6	15.6	17.3	20.1	23.3	26.0	33.9	39.9	65.1
Compression Properties	Critical Stress (N/mm ²) $\gamma=0 \sigma_{cr}$	43	52	58	69	78	89	101	113	122	136	148	160	173	185	200
	Ultimate Compressive Stress (N/mm ²)	(γ_0, σ_0)	(0,22)	(0,30)	(0,35)	(0,42)	(0,48)	(0,52)	(0,56)	(0,59)	(0,60)	(0,60)	(0,60)	(0,60)	(0,60)	(0,60)
		(γ_1, σ_1)	(1.5,22)	(1.4,30)	(1.4,35)	(1.5,42)	(1.6,48)	(1.8,52)	(2.1,56)	(2.3,59)	(2.5,60)	(3.1,60)	(3.6,60)	(3.8,60)	(3.9,60)	(3.9,60)
		(γ_2, σ_2)	(2.7,4)	(3.0,5)	(3.1,6)	(3.4,7)	(3.4,11)	(3.5,17)	(3.5,23)	(3.6,29)	(3.6,34)	(3.7,46)	(3.7,56)	—	—	—
	Compressive Stiffness ($\times 10^3 \text{kN/m}$)	1970	2340	2660	3090	3510	3970	4490	4980	5450	6590	7860	9220	10700	12300	14200
	Nominal Long Term Compressive Stress (N/mm ²)	6.6 ^{+0.0} _{-2.0}	8.1 ^{+0.0} _{-2.7}	9.1 ^{+0.0} _{-3.0}	10.7 ^{+0.0} _{-3.5}	12.0 ^{+0.0} _{-3.9}	13.4 ^{+0.0} _{-4.4}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}	15.0 ^{+0.0} _{-5.0}
	Nominal Long Term Column Load (kN)	1860	2690	3500	4710	6050	7620	9540	10600	11800	14200	16900	19900	23000	26500	30100
	Allowable Tensile Stress ($\gamma=100\%$) (N/mm ²)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Shear Properties ($\gamma=100\%$)	Initial Stiffness ($\times 10^3 \text{kN/m}$)	5.19	6.15	6.99	8.10	9.23	10.4	11.8	13.1	14.3	17.4	20.7	24.3	28.3	32.4	37.3
	Post Yield Stiffness ($\gamma=100\%$) ($\times 10^3 \text{kN/m}$)	0.519	0.615	0.699	0.810	0.923	1.04	1.18	1.31	1.43	1.74	2.07	2.43	2.83	3.24	3.73
	Characteristic Strength (kN)	71.5	83.9	97.3	112	127	143	161	179	199	240	285	335	389	446	507
	Equivalent Shear Stiffness ($\times 10^3 \text{kN/m}$)	0.876	1.04	1.18	1.37	1.56	1.76	1.99	2.21	2.42	2.94	3.50	4.11	4.77	5.47	6.29
	Equivalent Damping Ratio (—)	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240

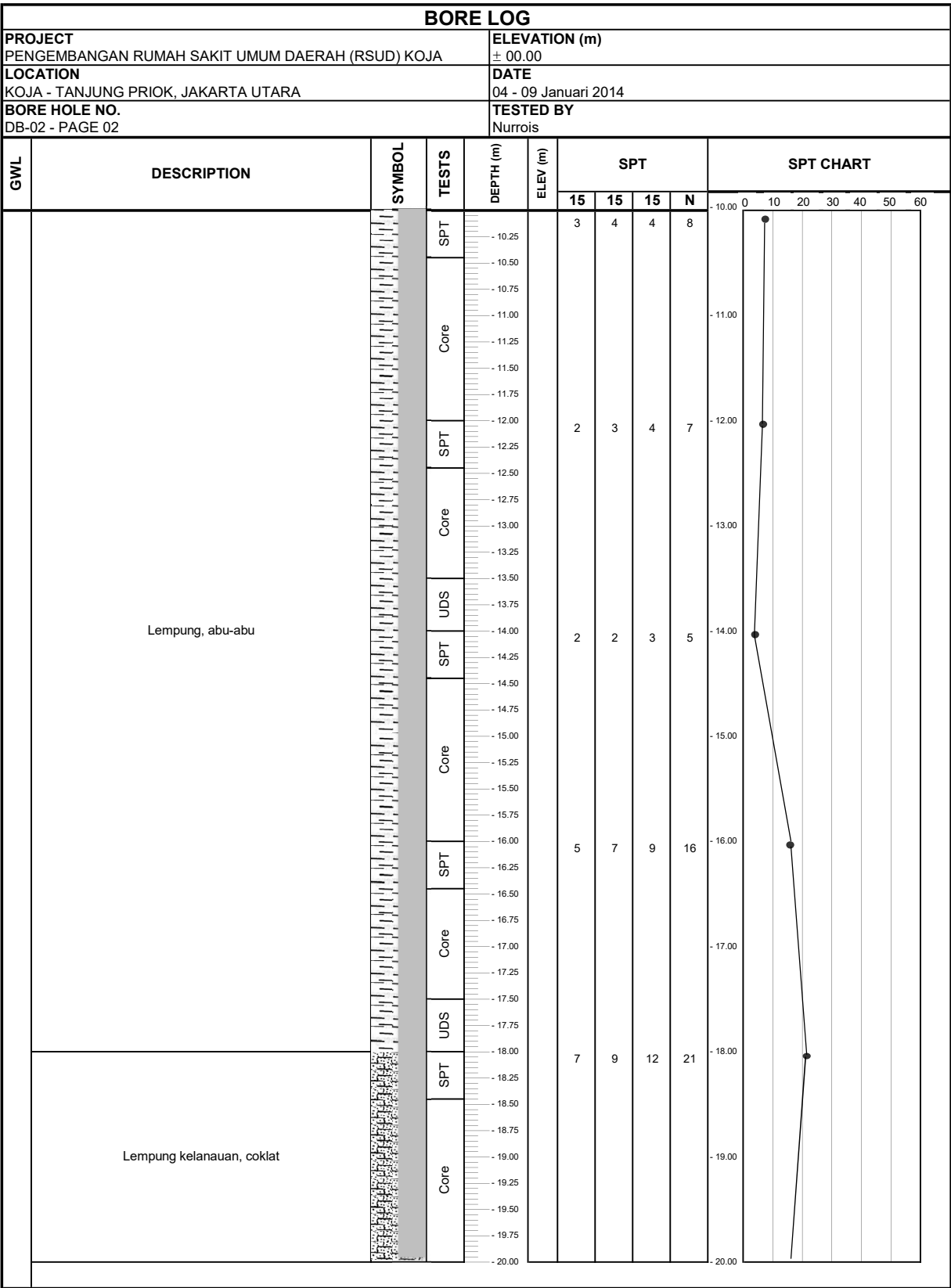
Shape and Dimension

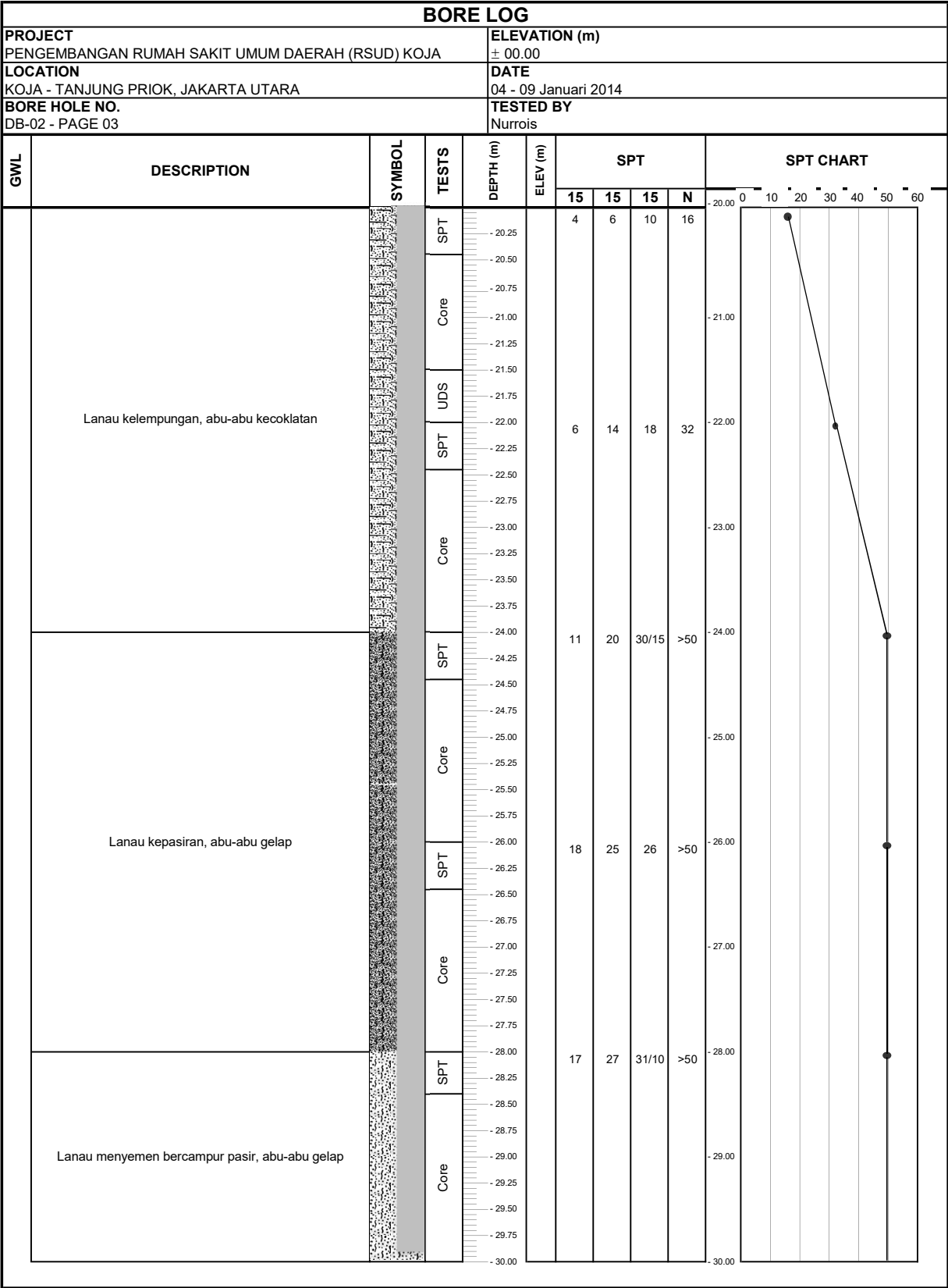


Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10









Form AK/TA-04
rev01

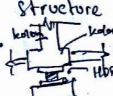
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

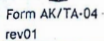
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Endah Wahyuni, ST., MSc., PhD.
NAMA MAHASISWA	: AZIZ DWI WICAKSONO
NRP	: 3113100007
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN & EDUNG RUMAH SAKIT UNWY DAERAH (RSUD) KOJA JAWA MEMBUKAHAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BESI - BETON DENGAN BASE ISOLATOR : HCBH DAMPING RUBBER BEARING. (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	: 11 OKTOBER 2016
NO. SP-MMTA	: 067532

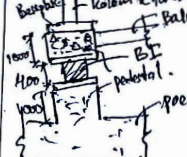

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	24/10 2016	• Persiapan penggambaran Struktur Sekunder • Denah Pembalokan Lantai & Atap	• Perencanaan Balok Anak & Pelat. • Revisi pembalokan.	CS
2.	31/10 2016	• Balok anak lantai & Atap • Pelat lantai	• Tangga & lift - iterasi tulangan • Baku brosur lift nggatif pelat	CS
3	1/11 2016	• Brosur lift, diskusi pembebanan lift (balok penumpu).	- Tangga, lift, ramp	CS
4.	7/11 2016	• Tangga, lift, ramp • diskusi balok penggantung lift • Cek pembebanan ramp & tangga	- pembebanan untuk pemodelan (SAP) - dimensi balok penggantung lift. (selain penumpu).	CS
5.	11/1 2017	• Pembebanan SAP • Pemodelan SAP	• Kontrol SAP • Define Kingcross column	CS
6	19/1 2017	• Kontrol SAP fix based * Isolation Structure 	• Analisa struktur primer. • Define base isolation (HDRB) • Tambah balok anak BAG	CS
7	27/2 2017.	• Kontrol SAP Isolation Structure	- Constraint Diaphragm per lantai - Analisa struktur primer.	CS
8.	27/3 2017	• Perhitungan struktur primer & sambungan (excel) → belum fix • Konsep sambungan balok & kolom lobby pakai angkur → sama seperti baseplate • Check structure SBT isolation, ada yang merah di balok anak?? • Pemilihan gaya dalam struktur utama (C balok & kolom)	• Rerisi SAP isolation structure • Cari struktur primer yang optimal • Kontrol struktur primer.	CS



Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284.



NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9.	31/3 2017	• Fiksasi kontrol pemodelan isolasi dan strukture.	• Perhitungan struktur utama	EG
10.	3/4 2017	- Struktur utama (balok induk, kolom 1, kolom 2, kolom 3).	• Perhitungan sambungan + gambar.	EG
11	10/4 2017	- Sambungan + gambar	• Revisi sambungan + antar kolom titik rangkai. • Perhitungan bangunan bawah.	EG
12.	26/4 2017	- Sambungan balok induk - beton + gambar - Distribusi gaya dalam untuk kolom, pedestal + pondasi + poer 	- Revisi sambungan b. induk - beton  - perhitungan bangunan bawah.	EG
13.	5/5 2017	- Pedestal, Sloof, Poir - Gambar bangunan bawah. - Revisi sambungan b. induk - beton (fix).	- Revisi tulangan transversal. $D \rightarrow \phi$ - tulangan poer sisi atas, $\phi/2$ sisi bawah (diamater kecil, jarak sama).	EG
14.	10/5 2017	- Revisi, fix - Penulangan keempokan + betonak.	- Penulangan laporan selesai	EG
15.	26/5 2017	- Laporan, gambar, makalah.	- Revisi laporan, gambar, makalah.	EG

BIODATA PENULIS



Aziiz Dwi Wicaksono,
Penulis dilahirkan di Surabaya 11 Mei 1995, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Indah Sari (Surabaya), SD Muhammadiyah 15 (Surabaya), SMP Negeri 1 (Surabaya), SMA Negeri 5 (Surabaya). Setelah lulus dari SMA Negeri 5 Surabaya tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan sarjana (S-1) di Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN dengan NRP

3113 100 007. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kampus yaitu pengaderan, seminar, kepanitiaan, dan himpunan. Penulis juga mendapatkan beberapa beasiswa, mulai dari PPA (Peningkatan Prestasi Akademik), YBAI (Yayasan Beasiswa Alumni ITS), IKOMA ITS (Ikatan Orangtua Mahasiswa ITS), dan terakhir beasiswa PT. Wijaya Karya Tbk. Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil topik TA bidang struktur khususnya bangunan gedung.

E-mail : aziizdwiwicaksono@gmail.com